

$$R = \frac{250}{0.036} =$$

MĚŘENÍ A MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

ELEKTRA

národní podnik — prodejna I-01

Prodejna radiotechnického a elektrotechnického zboží
PRAHA II, VÁCLAVSKÉ NÁM. Č. 25

TELEFONY: 316-19, 274-09, 262-76, 365-33, 244-91.

RADIOAMATÉRSKÁ ŠKOLA

SLÁVA NEČÁSEK

MĚŘENÍ A MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

Stavební návod na měřidla. — Definice elektrických jednotek.
Základy měření.

Konstrukce přístrojů: Ant. Kovařík a J. Vaněk.

Propagační a učební pomůcka.

S v a z e k 4.

Vydává:

ELEKTRA

národní podnik — prodejna I-01

Prodejna radiotechnického a elektrotechnického zboží

PRAHA II, VÁCLAVSKÉ NÁM. Č. 25

TELEFONY: 316-19, 274-09, 262-76, 365-33, 244-91.

Úvod.

Již v návodech na jednoduchý bateriový a síťový přijímač jsme se zmínili o nutnosti elektrického měření, tedy měření napětí, proudu a po případě i jiných veličin, jako spotřeby přijímače a pod. Měření v radiotechnice umožní nejen kontrolu správné činnosti přístroje či zařízení, ale usnadní i odhalení případných závad. Proto i v naší Radioamatérské škole musíme si povšimnout aspoň základních způsobů měření na přijímači. A protože měření není možné bez měřicích přístrojů, podáme též návod na amatérské sestavení dvou měřidel:

1. Jednoduchého stejnosměrného voltmetru.
2. Citlivého univerzálního přístroje pro stejnosměrný i střídavý proud, kombinovaného s ohmmetrem, o 23 měřicích rozsazích.

Práce je usnadněna stavebnicí, která obsahuje všechny potřebné součásti a odpory dostatečné přesnosti, takže amatérova práce se omezí na jejich sestavení a porovnání s jiným správným přístrojem. Ale nejprve si podrobněji všimneme základů měření elektrických veličin.

I. Elektrické veličiny.

Mezinárodní dohodou fyziků bylo kolem r. 1900 zavedeno jednotné značení a určení čili definice elektrických jednotek:

Jednotkou elektrického napětí je **volt** (psáno s malým začátečním písmenem), podle badatele Alessandra Volty. Zkráceně používáme též znaků čili symbolů, velkého počátečního písmene názvu jednotky, na př. 1 V (volt). Volt se dělí na 1000 menších jednotek, **milivoltů**, mV, (předpona mili- značí tisícinu). Každý milivolt má zase 1000 menších dílů, **mikrovoltů**, μV (μ = řecké písmeno má ze slova mikros, malý). Celkem je tedy $1\text{ V} = 1\,000\,000\ \mu\text{V}$. Obecně používáme pro napětí znaku **E** (v cizí literatuře též **U** nebo **V**), takže píšeme na př.: Napětí $E = 32\text{ V}$. Silnoproudá elektrotechnika používá naopak jednotek vyšších, **kilovoltů**, kV. $1\text{ kV} = 1\,000\text{ V}$ (kilo- značí tisícinásobek). Jednotkou elektrického proudu je **ampér**, A, nazvaný na počest Francouze Ampère-a. Je to proud, který elektrochemickým rozkladem čili elektrolysou vyloučí z roztoku dusičnanu stříbrného za 1 vteřinu 0,00118 g čili 1,118 mg stříbra. 1 A se dělí na 1 000 **milampérů**, mA, a dále na 1 000 000 **mikroampérů**, μA .

Obecně je znakem pro elektrický proud písmeno **I**.

Jednotkou elektrického odporu je **ohm**, podle Georga S. Ohma (čte se óm). Má znak Ω , řecké písmeno velké oméga. $1\ \Omega$ je odpor rtuťového sloupce o průřezu 1 mm^2 a délky 106,3 cm při 0°C . S menšími díly ohmu, miliohemem $\text{m}\Omega$ ($= 1/1\,000\ \Omega$) a mikroohmem $\mu\Omega$ ($= 1/1\,000\,000\ \Omega$) se setkáváme zřídka. Častěji pracujeme v radiotechnice s **kiloohmy**, $\text{k}\Omega$ a **megohmy**, $\text{M}\Omega$, $1\ \text{k}\Omega = 1\,000\ \Omega$ a $1\ \text{M}\Omega = 1\,000\,000\ \Omega$. Obecně je znakem elektrického odporu písmeno **R**.

Proud, napětí a odpor na sobě závisí podle Ohmova zákona, který má 3 obměny:

1. Proud je podílem (t. j. výsledek dělení) z napětí a odporu, tedy

$$\text{proud} = \frac{\text{napětí}}{\text{odpor}}$$

čili v obecném značení, s nímž se setkáváme v odborné literatuře

$$I = \frac{E}{R} \quad A, V, \Omega \quad (1)$$

Písmena vpravo uvedená naznačují, že do vzorce musíme dosazovat základní jednotky, tedy proud vyjde v ampérech, je-li napětí ve volttech a odpor v ohmech.

2. Napětí je součinem proudu a odporu, tedy

$$\text{napětí} = \text{proud} \times \text{odpor}$$

čili obecně

$$E = I \cdot R \quad V, A, \Omega \quad (2)$$

3. Odpor je podílem z napětí a proudu, tudíž slovně

$$\text{odpor} = \frac{\text{napětí}}{\text{proud}}$$

neboli v obecném značení

$$R = \frac{E}{I} \quad \Omega, V, A \quad (3)$$

Z těchto důležitých vztahů určíme jednoduše z dvou známých veličin třetí neznámou. Na př. odpor vodiče, kterým protéká proud 0,2 A při napětí 1,5 V, je podle vzorce (3)

$$R = \frac{1,5}{0,2} = \frac{15}{2} = 7,5 \Omega.$$

Je ovšem více elektrických veličin, ale pro naše účely přichází ještě nejvýše v úvahu výkon. Elektrický výkon, který obecně značíme **W** nebo **N**, má jednotkou **watt**, 1 W (čte se vat). Watt je součinem jednotkového napětí a jednotkového proudu, čili 1 W rovná se 1 V \times 1 A, obecně

$$N = E \cdot I \quad W, V, A \quad (4)$$

Menší jednotkou je **milliwatt**, mW = 1/1 000 W a **mikrowatt**, μ W = 1/1 000 000 W. Větší jednotkou, potřebnou hlavně v silnoproudé technice, je **kilowatt**, kW. 1 kW = 1 000 W. Příklad: Teče-li z baterie o napětí 4 V proud 0,8 A, dodává tato baterie výkon podle vzorce (4)

$$N = 4 \cdot 0,8 = 3,2 W.$$

Výkon můžeme též zjistit změřením proudu nebo napětí, známe-li odpor spotřebiče. Při známém proudu **I** a odporu **R** je výkon součinem odporu a čtverce proudu, obecně vyjádřeno

$$N = R \cdot I^2 \quad W, \Omega, A \quad (5)$$

(Číverec čili dvojmoc nějakého čísla dostaneme, násobíme-li je sebou samým, na př. $2^2 = 2 \cdot 2 = 4$; $5^2 = 5 \cdot 5 = 25$ a p.)

Příklad: Kalodový proud koncové elektronky je 60 mA a protéká odporem pro předpětí, který má 500 ohmů. Máme určit zatížení tohoto odporu. (60 mA rovná se 0,06 A, jeho dvojmoc je $0,06 \cdot 0,06 = 0,0036$.) Dosazením do vzorce (5) zjistíme výkon na odporu

$$N = 500 \cdot 0,0036 = 1,8 \text{ W.}$$

Podobně známe-li napětí a odpor, určíme výkon jako podíl z dvojmoci napětí a odporu, obecně psáno

$$N = \frac{E^2}{R} \quad \text{W, V, } \Omega \quad (6)$$

Příklad: Na odporu 1000Ω naměříme napětí 20 V. Jaké je zatížení odporu? Číverec napětí je $20 \cdot 20 = 400$ a výkon podle (6)

$$N = \frac{400}{1000} = 0,4 \text{ W.}$$

Elektrický výkon za určitou dobu vykoná **práci**. Její běžnou jednotkou je **watthodina**, 1 Wh. Tisíckrát větší je **kilowatthodina**, kWh (dobře si všimněte, které písmeno je velké a které malé!), kterou známe z účtů za elektrický proud. Tyto věci bylo nutno předeslati, aby další výklad byl srozumitelný i začátečníkům.

II. Měřicí přístroje

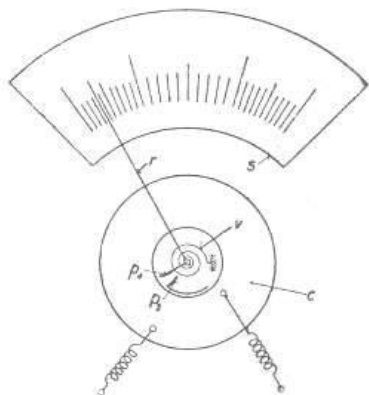
a práce s nimi.

Elektrické měřicí přístroje čili měřidla jsou různých druhů podle účelu a požadované přesnosti. Laboratorní měřidla jsou velmi citlivá, ale drahá a choulostivá. Pro běžná měření dílenská spokojujeme se levnějšími a robustnějšími, zato však méně přesnými přístroji **ručkovými**.

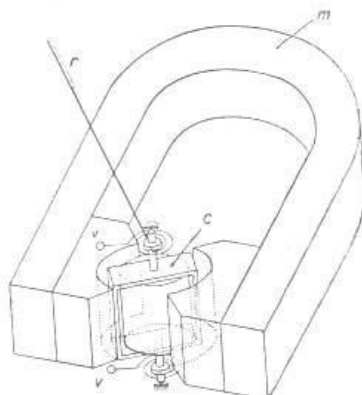
Podle konstrukce je několik druhů měřidel, jako **elektromagnetická**, u nichž pohyb ručky obstarává magnetická síla, **tepelná**, kde se protékajícím proudem prodlužuje kovové vlákno a tento pohyb se přenáší na hřídelík ručičky, **elektrostatická**, u nichž se využívá přitažlivosti elektrických nábojů nestejného znaménka (+ a —) a j. a j. Pro běžná dílenská a amatérská měření se hodí nejlépe měřidla, používající magnetické síly. Jsou to elektromagnetické systémy, zvané léž »se železem«, kde měřený proud protéká cívkou, v níž jsou umístěny 2 plíšky z měkkého železa, které se tím stejně zmagnetisují a proto se odpuzují. Jeden je upevněn pohyblivě na hřídelíku a otáčí tak ručkou přístroje (obr. 1a). Výchylka udává pak na stupnici měřenou elektrickou hodnotu. Přístroje »ze železem« ukazují nejen stejnosměrný, ale i střídavý proud nízkých kmitočtů, ale jsou málo citlivé, protože magnetování plíšků vyžaduje poměrně silný proud. Proto se tyto přístroje hodi jen k měření zdrojů (baterii, transformátorů, sítě), ale méně již pro jemná měření radíotechnická. Kromě toho stupnice nemá všechny dílky stejně veliké, čili není rovnoměrná, což snižuje přesnost měření. Přístroje »se železem« jsou většinou levnější druhy »kapesní« tvaru hodinek nebo přístroje pro rozvodné desky.

Daleko citlivější a přesnější jsou přístroje soustavy Depréz d'Arsonval, čili krátce **deprézské**, kde pohyb ručičky obstarává cívka, protékaná měřeným proudem a oláčeji

se v poli silného stálého (permanentního) magnetu. Říká se jim proto těž přístroje s otáčivou cívkou. Silné magnetické pole a lehká cívka s mnoha závity tenkého drátu propůjčují deprežským systémům značnou citlivost, takže často stačí proud zlomku miliampéru pro plnou výchylku ručky (mikroampérmetry). Stupnice je při tom zcela rovnoměrná, takže odečítání výchylky v různých částech stupnice je přesnější. Cívka je upevněna na hřídelíku, opatřeném hroty a uloženém v důlcích kovových ložisek, u dražších přístrojů v ložiskách z polodrahokamů, podobně jako u hodinek, aby tření bylo co nejmenší. Proud k cívce přivádějí 2 jemná spirálová pérka (vlásky), která současně udržují ručku v klidu na nulovém dílku stupnice (obr. 1b). Oločný systém musí být tak vyvážen, aby aspoň v jedné poloze, pro niž je přístroj určen, byla ručka opravdu na nule. Před měřením se o tom vždy přesvědčíme. Všechny slušné přístroje mají »regulaci nuly«, obvykle šroubek či páčku.



Obr. 1a. Elektromagnetický systém.



Obr. 1b. Systém deprežský.

Deprežské přístroje jsou dosti robustní, takže snesou jak přelížení proudem, tak i olěsy, není-li obojího ovšem příliš mnoho. Naproti tomu lze jimi měřit pouze **stejnoseměrný** proud, ale jednoduchým usměrňovačem můžeme je přizpůsobit také pro měření střídavá. Přesnost měření je u běžných výrobků 1 až 2%, u dražších i pod 0,25%.

Citlivost se udává proudem a napětím, potřebným pro plnou výchylku samotného systému, obvykle jako odpor na 1 V měřeného napětí. Při tom hraje značnou úlohu odpor vinutí cívky, neboť i zde platí Ohmův zákon. Na př. má-li cívka odpor 100 Ω a pro plnou výchylku potřebuje proud 1 mA, čili 0,001 A, je při tom napětí na cívce podle vzorce (2) ze strany 4.: $E = 0,001 \times 100 = 0,1$ V. A protože tento systém má odpor 100 Ω při 0,1 V, měl by při 1 V odpor 10krát větší, tudíž 1000 Ω , čili má odpor 1000 Ω na 1 V, krátce 1000 Ω/V .

Ale nemusíme znát ani odpor cívky, ani napětí potřebné pro plnou výchylku, kteréžto hodnoty se někdy těžko určují. Stačí změřit **proud** cívky pro plnou výchylku — což je snadné i běžným přístrojem o rozsahu 1 až 2 mA — a převratná hodnota tohoto proudu udává **přímo citlivost** (odpor v Ω/V). Vyjádřeno počtelně

$$R/V = \frac{1}{I_c} \quad \Omega, A \quad (7)$$

kde I_c značí proud cívky pro plnou výchylku v A, R/V je vnitřní odpor přístroje na 1 V. Na př. systém, který potřebuje pro plnou výchylku 3 mA, má odpor

$$R = \frac{1}{0,003} = 333,3 \Omega/V.$$

Přesvědčte se i na jiných případech, že tato autorova poučka, která velmi zjednodušuje určení citlivosti přístroje, skutečně platí!

Na měřidlo klademe někdy protichůdné požadavky. Pro měření napětí, čili jako voltmetr, má mít odpor co možno vysoký (až 1000 Ω/V i více,) kdežto při měření proudu, tedy jako ampérmetr, má mít zase odpor co nejmenší, aby v něm zbytečně nevznikala ztráta měřeného napětí. Kromě toho rádi sdružujeme několik funkcí do jednoho přístroje, na př. měření napětí, proudu a odporů, abychom vystačili s jedním měřidlem.

Značky na měřicích přístrojích.

Na každém jen trochu slušném přístroji má být uvedeno několik údajů o systému, poloze, pro niž je přístroj určen, přesnosti, zkušebním napětí atd. Hlavní znaky mají tento vzhled a význam (obr. 2):



Obr. 2. Značky na měřidlech.

1. Deprézský systém. — 2. Týž se skříženými cívkami. — 3. Elektromagnetický systém. — 4. Dvojitý elektromagnetický. — 5. Elektrodynamický. — 6. Elektrodynamický stíněný. — 7. Elektrodynamický se skříženými cívkami. — 8. Týž stíněný. — 9. Indukční systém.

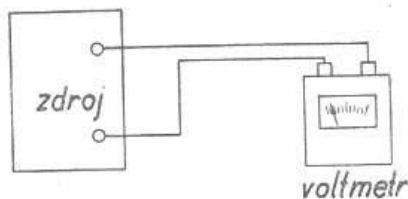
10. Poměrový indukční, — 11. Tepelný systém, — 12. Elektrostatický, — 13. Vibrační systém (periodoměr), — 14. Thermočlánek, — 15. Deprézský systém s thermočlánekem, 16. Thermočlánek s odisolovaným topným obvodem, — 17. Deprézský systém s odisolovaným thermočlánekem, — 18. Stykový usměrňovač, — 19. Deprézský systém s usměrňovačem, 20. Stínění systému, — 21. Stejnoseměrný proud, — 22. Střídavý proud 23. Přístroj na stejnosměrný i střídavý proud, — 24. Měřidlo třífázového proudu s jedním systémem, — 25. Totéž se 2 systémy, — 26. Totéž s 3 systémy, — 27. Přístroj pro svislou polohu, — 28. Přístroj pro vodorovnou polohu, — 29. Přístroj pro šikmou polohu (s vepsaným úhlem sklonu), — 30. Korekce nulové polohy ručky.

Kromě toho bývá barevnou hvězdičkou vyznačeno zkušební napětí vnitřních součástí proti kostře: černá hvězdička značí 500 V, červená 2000 V, zelená 5000 V. Někdy udává napětí v kilovoltech číslice uvnitř hvězdičky, která pak nemusí být barevná. Na př. černá hvězdička s dvojkou uvnitř označuje zkušební napětí 2000 V.

Přesnost se udává číslicí procenta koncové výchytky, na př. 1 značí $\pm 1\%$, 2 = 2% a pod.

Měření napětí [voltmetr].

Je důležité, abychom si uvědomili, že deprézský přístroj (a ovšem i elektromagnetický) měří vlastně vždy **proud**, i když jsou označeny jako voltmetr nebo ohmmetr. Stupnice je však cejchována ve voltch nebo ohmech, nebo ještě častěji jen dělena na okrouhlý počet (30, 50 nebo 100) stejných dílků. Proud pro plnou výchylku je vždy stejný a proto při měření napětí požadujeme, aby nezatěžoval měřený zdroj, čili aby voltmetr měl veliký vnitřní odpor řádu kiloohmů. Napětí měříme tak (obr. 3.), že obě svorky



Obr. 3. Měření napětí voltmetrem.

přístroje spojíme s měřeným zdrojem. Jde-li o proud stejnosměrný, nutno dodržovati polaritu, t. j. spojití záporný pól měřidla s — pólem zdroje a + pól s kladným. Výchytky ručky na stupnici, násobená činitelem zapojeného rozsahu, udává měřené napětí. Na př. přístroj má 30dílkovou stupnici a ručka ukazuje 18 dílků při rozsahu 30 V. Jeden dílek značí tedy 1 V a měřené napětí je proto $18 \cdot 1 = 18$ V. Zapojíme-li rozsah 600 V, udává dílek stupnice 20 V; kdyby v tomto případě ukazovala ručka 12 dílků, bylo by měřené napětí $12 \cdot 20 = 240$ V. Číslo, kterým údaj stupnice násobíme, říkáme převodní činitel neboli konstanta (násobitel) rozsahu a je dán poměrem

$$\text{převodní činitel} = \frac{\text{rozsah napětí}}{\text{celk. počet dílků}}$$

Zvětšení měřícího rozsahu voltmetru děje se seriovými čili předřadnými odpory vhodné velikosti.

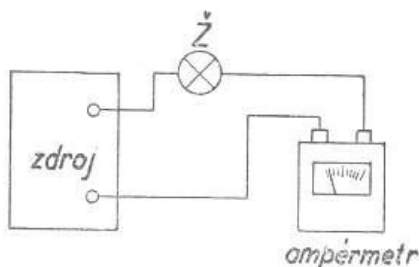
Napětí »měkké«, t. j. takové, které zvýšením odběru klesne, na př. za velikými odpory, nemůžeme správně naměřit **žádným** měřidlem, které potřebuje k výchylce ručky proud. Čím větší je vnitřní odpor voltmetru (počet Ω/V), tím je měření přesnější, ale zcela

správně není nikdy. Voltmetry s malým odporem dopouštějí se při tom ohromných chyb.

Při měření jakéhokoliv napětí doporučuje se vždy počítati s vysokým rozsahem a teprve, je-li výchylka ručky příliš malá, přejíti na rozsah nižší. To uchrání měřicí přístroj před poškozením a současně zvýší přesnost měření měkkého napětí. Při odečítání díváme se na stupnici kolmo, shora, ne snad šikmo a se strany. Tím se dopouštíme dosti značné chyby v odhadu polohy ručky mezi dílky. Dokonalejší měřidla mají stupnice zrcátkové, v němž se zobrazí spodní hrana nožové části ručky. Správný pohled je pak ten, kdy se ručka kryje se svým obrazem v zrcadle. Ale i bez něho se dá při správném směru pohledu odečítat zcela dobře. Důležitější je, abychom co nejlépe odhadli zlomek stupně (dílku), který obvykle pro snazší násobení převádíme na desetiny, na př. $8\frac{1}{3} = 8,33$. Zvlášť na vyšším rozsahu by tím vznikla citelná chyba! Ze se vždy předem přesvědčíme, je-li ručka opravdu na nule, bylo již zdůrazněno.

Měření proudu (ampérmetr).

Na rozdíl od voltmetru, který má mít odpor co největší, ampérmetr pro měření proudu musí naopak mít odpor nepatrný, ovšem zase různý podle rozsahu. Poměry jsou zde však obrácené, než jak tomu bylo u voltmetru: Čím větší je rozsah proudový, tím menší odpor ampérmetru má. Tak Avomet n. p. Metra má ve stejnosměrném rozsahu do 6 A odpor jen $0,025 \Omega$, zatím co pro 600 V je jeho vnitřní odpor 600 000 Ω . Proto ampérmetr **nesmíme připojit** k měřenému zdroji **paralelně** — to by byl zkrat — ale do serie (obr. 4). Úbytek napětí v ampérmetru je zanedbatelný. Při střídavém měření



Obr. 4. Měření proudu žárovky.

na univerzálních přístrojích jsou sice poměry poněkud méně příznivé, protože s ohledem na usměrňovač musí býti úbytek napětí vyšší, přece je to však pro běžná napětí přijatelné. Zvětšení měřících rozsahů ampérmetru děje se připojováním paralelních odporů, bočniců čili šentů (shunt). Jímí pak prochází největší část měřeného proudu, kdežto do cívky přístroje se nedostane víc, než její konstrukce snese. Bočnický při vyšších hodnotách proudu se **zahřívají** a proto běžnými dílenskými měřidly nepracujeme s proudy silnějšími než asi 1 A trvale, nýbrž měříme je pouze **krátkodobě**.

Aby se při přepínání proudových rozsahů nezničil systém v okamžiku, kdy přepínač je mezi kontakty a tedy žádný bočnick není připojen (takže celý proud proletí cívkou), používá se dnes skoro výhradně t. zv. bočnicku Ayrtonova (erton), kde k systému jsou stále připojeny **všechny bočnický**, řazené **mezi sebou do serie**. Přepíná se jen **vnější** přívod k nim, takže i když přepínač nedosedá, obvod je pouze přerušen, ale proud nemůže projít choulostivou cívkou. Je to zjednodušení i po jiné stránce.

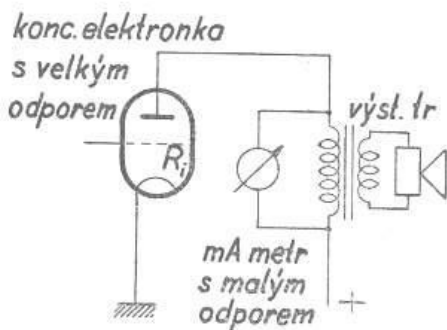
Ampérmetr, jak řečeno, zapojujeme do serie s měřeným obvodem. Je však dobře poukázat na jednu výjimku, důležitou v radiotechnice. Je to měření anodového proudu koncových elektronek, s výstupním transformátorem (obr. 5). Zde je totiž proud dán

elektronkou, která má poměrně značný odpor (statický, asi $7\text{ k}\Omega$), a s ní v sérii je výstupní transformátor jako spotřebič, jehož ohmický či stejnosměrný odpor je proti tomu nepatrný (bývá u dobrých výrobků nejvýše 3–5% impedance, v našem případě tedy nejvýše $350\ \Omega$, ve skutečnosti i méně). Protože odpor miliampérmetru je zase ještě mnohem **menší**, nežli ohmický odpor vinutí primáru výst. transformátoru, můžeme měřidlo **připojit paralelně k primáru**, a přece naměříme dobře anodový proud elektronky, aniž bychom rozlelovali přívody a pod. Chyba, které se tím dopustíme, je obvykle kolem 1% a proto zanedbatelná. Značně tím však ušetříme času a námahu s přerušováním anodového obvodu.

Měření odporů [ohmmetr].

Důležité je též určení hodnoty menších odporů od $10\ \Omega$ — $50\ \text{k}\Omega$, protože se tak můžeme přesvědčit, je-li podezřívavý obvod (vlákno žárovky či elektronky, pojistka, vinutí transformátoru a j.) v pořádku nebo přerušen. Podle velikosti naměřeného odporu můžeme ale také soudit, jde-li o vinutí primární, anodové či žhavič, není-li mezi nimi nežádoucí zkrat, je-li kondensátor dobrý či proražen atd. atd. K tomu nám poslouží **ohmmetr**. Pro tyto účely nemusí být ani přesný, ba vůbec ani cejchován. Odměříme-li asi 5 spolehlivých odporů tak veliké hodnoty, aby výchylky ručky byly po stupnici rozloženy dosti rovnoměrně, snadno odhadneme stav zkoušeného obvodu.

Tak jednoduchý ohmmetr se dá zhotovit vlastně z každého voltmetru, připojíme-li s ním v sérii vhodnou baterii, nejlépe takovou, aby ručka měla právě plnou výchylku (na př. nastavíme voltmetr na rozsah 3 V a do série s ním dáme kulatou baterii o napětí rovněž 3 V). To je totiž význačná vlastnost ohmmetru: Měří »obráceně«, **plná výchylka** přístroje je **nulou** ohmmetru. Bližší nuly běžné stupnice napětí jsou odpory velké a na nule samé je už vnější obvod prakticky přerušen (nekonečný odpor). Toho můžeme využít k rychlé kontrole obvodů.



Obr. 5. Měření anodového proudu elektronky.

Protože napětí baterie časem klesá, mají ohmmetry zařízení, kterým i v tom případě nastavíme nulovou polohu ručky, t. j. plnou výchylku při spojení přívodních žhůr nakrátko. U samostatných ohmmetrů to bývá **magnetický bočník**. Část magnetického pole systému se odvede z prostoru, v němž se otáčí cívka, přiblížením kousku železa. Jeho poloha je říditelná zvenčí a čím blíže je tento bočník magnetu, tím menší je výchylka ručky. Při čerstvé baterii se tedy bočník magnetu přiblíží, postupem času se vzdaluje, jak baterie slábne.

U přístrojů, které slouží také měření napětí a proudu, t. zv. volt-ampér-ohmmetrů nebo miliampér-volt-ohmmetrů nesmíme ovšem s magnetem nic provádět, protože bychom tím ovlivňovali i měření ostatních veličin. Tam volíme baterii o napětí o něco vyšším,

nežli je rozsah ohmmetru, na př. 4,5 V pro rozsah 3 V a pod, a správné napětí pro plnou výchylku nastavíme **potenciometrem**, připojeným k baterii paralelně. Tak můžeme pokles napětí rovněž vyrovnat elektrickou cestou, bez zásahu do přístroje. Baterie se ovšem přes potenciometr pomalu vybíjí a proto se — obyčejně již v přepínači měřidla — zapojuje pouze při použití přístroje jako ohmmetru.

Měření výkonu (příkonu).

To nelze provést přímo, výchylkou ručky, jako měření napětí nebo odporu. Jsou k tomu sice speciální přístroje, **wattmetry**, ale těch lze použít jen v úzkém oboru, na př. k měření spotřeby síťových zařízení mezi 10—200 W. Jinak změříme buď oddělené napětí **E** a pak proud **I** v obvodu (nebo současně, máme-li 2 měřidla) a přivádný elektrický výkon čili příkon zjistíme jejich znásobením, podle vzorce (4), str. 4. Známe-li **odpor** spotřebiče, stačí změřit protékající proud a výkon (příkon) stanovíme podle rovnice (5), případně z napětí a odporu podle (6). To bylo již dostatečně probráno a příklady doloženo. Ale pozor! Takového stanovení výkonu smíme použít jen u stejnosměrného proudu; u střídavého pouze na spotřebičích **odporových**, jako žárovka, žehlička, varič a také u univerzálních přijímačů se seriovými elektronkami **bez síťového transformátoru**. »Bere-li« takový přijímač ze sítě 220 V proud 0,12 A, má spotřebu čili příkon

$$N = 220 \cdot 0,12 = 26,4 \text{ W.}$$

Má-li ale přijímač síťový **transformátor**, nastávají jeho vlivem (také vlivem vinutí u motorů) zvláštní poměry, odborně zvané **pošunili fáze**, které způsobí, že naměřený proud je větší, nežli jaký odpovídá skutečnému příkonu. Prolo součín napětí a proudu **nedá** v tomto případě výkon činný, ale **t. zv. výkon zdánlivý**, který je větší, který ale elektroměr **nenaměří**. Správný výkon čili příkon bychom z něho zjistili násobením **t. zv. účinníkem** (kosinus ϕ), ten ale obyčejně neznáme. Jen na větších motorech bývá uveden (kolem 0,6—0,9). Blíže se touto věcí nemůžeme zabývat, protože přesahuje náš předmět.

Měření střídavých veličin.

V radiotechnice ale nevystačíme jen s měřením napětí a proudu stejnosměrného. Velmi často potřebujeme zjistit hodnotu **proudu střídavého**, na př. v síťových přístrojích. Pro tento účel se velmi rozšířil usměrňovač jako doplněk stejnosměrného měřidla. Nejčastěji se používá druhů slykových, jako selén nebo kuprox. Protože napětí a proud pro měřicí účely jsou malé (max. 3 V a 1—2 mA), stačí i články malých rozměrů. Běžně se používá 4 články, spojených do čtverce čili do **Graetzova** (grecova) **můstku**. Články jsou spojeny tak, že u 2 vrcholů mají navenek polaritu stejnou (t. j. + a +, u protějších — a —). Tam odvádíme usměrněný proud do cívky přístroje. Zbylé 2 vrcholy spojují opačné póly (+ a —) a do nich zavádíme střídavý proud, příslušně zredukovaný pro cívku měřidla. Následkem můstkového zapojení protéká usměrněný proud v měřidle souhlasně, takže se usměrňují obě poloviny sinusovky čili **obě půlvlny** (dvojcesně usměrnění). Všechny články bývají spojeny do jednoho celku se 4 vývody. Známemu druhu Siemensovu se říká v amatérské mluvě — pro jeho tvar — »šváb«. Lze ovšem použít i 4 článků jednotlivých.

Každý slykový usměrňovač má tu neclnost, že malá napětí šidí a teprve s většími zachází lépe. Říkáme, že **usměrňuje nerovnoměrně** čili nelineárně. Proto nelze použití stejnosměrné lineární stupnice pro střídavý proud nebo napětí. Univerzální přístroje, určené pro oba proudy, mají proto oddělenou stupnici střídavou. Amatérovi, který si přístroj sám sestavuje, postačí, označí-li si — třeba červeným inkoustem — rozložení několika bodů pro měření střídavého proudu na stejnosměrné stupnici. O tom dále podrobně pojednáme.

Dobře univerzální přístroje měří stejnosměrný i střídavý proud s přesností aspoň 1,5%, což pro dílenské účely vyhovuje. Často obsahují i vmontovaný ohmmetr a kterýkoli rozsah se zařadí pouhým otočením přepínače. Bez měřidla je amatér jako bezruký, protože základem všeho technického počínání, má-li být cílevědomé, je číslo: po-

čítání, údaje rozměrů, váha. A proto si popíšeme 2 takové měřicí přístroje pro amatérské sestavení. Ušetříme tím značný obnos za práci a péče budeme mít vyhovující měřidlo. Záleží jen na péči, s jakou budeme pracovat, vyrovná-li se náš přístroj aspoň trochu mnohem dražším továrním výrobkům..

III. Amatérské měřicí přístroje.

Stavební návod.

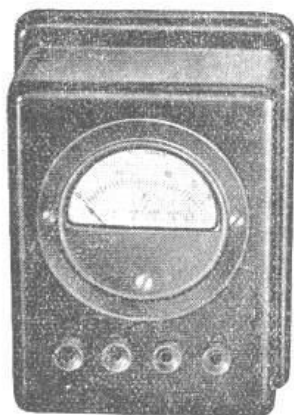
Zásluhou n. p. Elektra, prodejna I - 01 může si amatér poměrně levně opatřit součásti na jednoduchý voltmetr nebo i na složitější měřidlo universální pro střídavý i stejnosměrný proud, kombinované s ohmmetrem, které má 23 měřících rozsahů.

A. Jednoduchý stejnosměrný voltmetr.

Srdcem tohoto měřidla je deprezský systém odporu $100 \Omega/V$. Není to sice mnoho, takže měření na odporech a měkkých zdrojích nebude právě přesné, vyhoví však dokonale při měření baterii, eliminátorů a pod. Rozhodně je to lepší přístroj, než někdejší kapesní »hodinkové« voltmetry elektromagnetické.

Měřicí přístroj je $\varnothing 63$ mm a má rovnoměrnou obloukovou stupnici, asi 36 mm dlouhou, dělenou na 30 dílků. Popíšeme úpravu pro rozsahy 3, 30 a 300 V, třebaže změnou předřadného odporu možno dosáhnouti i jiných rozsahů, na př. 6 V, 24 V atd.

Jako krytu použijeme bakelitové krabičky B1 vnějších rozměrů $85 \times 110 \times 50$ mm. Přívody provedeme zdičkami, seřazenými pod přístrojem na vrchní straně skřínky. Pro měřicí přístroj a zdičky musíme ovšem vyvrát, případně vyříznout vhodné otvory. Zdičky potřebujeme 4; chceme-li používat přístroje i jako ohmmetru, o jednu více. Vzhled přístroje ukazuje obr. 6.



Obr. 6. Stejnosměrný voltmetr.

Montáž.

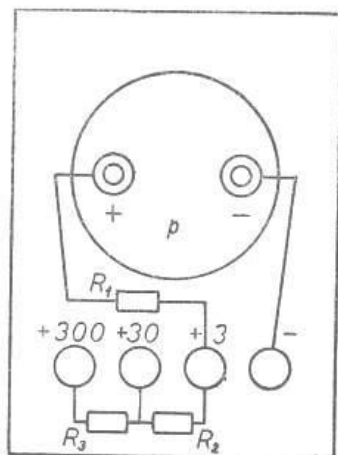
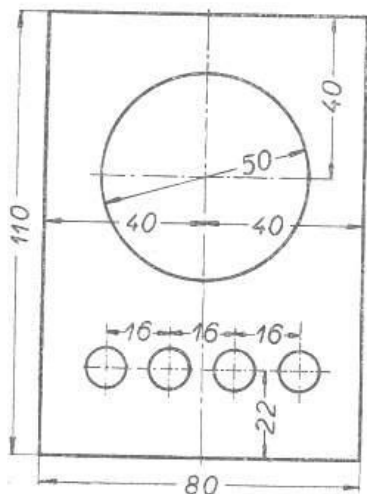
Pro správné rozmístění otvorů nám lépe poslouží náčrty (obr. 7a) nežli mnoho slov. Otvor pro přístroj má průměr 50 mm a provedeme jej nejlépe výkružníkem, nožem, upevněným otáčivě kolem osy. Nůž nastavíme do vzdálenosti 25 mm od středu. Osu

výkružníku upneme do vrtáčky a pomalým otáčením otvor vyřízneme. Pro čep výkružníku navrtáme předem ve středu budoucího výřezu otvor asi 5 mm. Bakelit je křehký a rád praská. Proto řežeme a vrtáme opatrně a příslušné místo vždy podložíme kusem dřeva, aby nebylo jen »ve vzduchu«.

Pro zdičky vyvrtáme otvory podle použitého typu. Volíme-li totiž izolované, které se pěkně vyjmají, potřebujeme otvory 8 mm. Holé zdičky kovové se spokojí s otvorem 6 mm. Přístroj sám je připevněn 2 šroubky se zapuštěnou hlavičkou, asi 10 mm dlouhými, \varnothing 2,6 mm s matickou. Připevňovací otvory v přírubě podle potřeby prohloubíme, aby hlavičky šroubků nepřechýlaly.

Zapojování.

Jsou-li zdičky a přístroj připevněny, přistoupíme k »elektrické instalaci«. Pravou krajní zdičku (díváme-li se dovnitř skříňky) spojíme kusem drátu přímo s — pólem měřícího přístroje. Jeho + svorka vede přes odpor R_1 na vedlejší zdičku, druhou zprava, vývod + 3 V. To vidíme na obr. 7b.



Obr. 7a. Rozložení a průměry otvorů.

Obr. 7b. Zapojení odporů

Protože celý přístroj má 100Ω V, potřebujeme pro rozsah 3 V předřadit trojnásobný odpor. Samotný přístroj má 10Ω , které odečteme. Předřadíme tedy pro 3 V odpor $3 \cdot 100 - 10 = 300 - 10 = 290 \Omega$. Zatížení tohoto odporu je malé, pod 0,25 W. Následující rozsah má 30 V. Bude tedy mít odpor $30 \cdot 100 = 3000 \Omega$, ale již zařazený odpor R_1 + odpor cívky odečteme. R_2 bude proto mít hodnotu $3000 - 300 = 2700 \Omega$ čili $2,7 k\Omega$ pro zatížení 0,5 — 1 W. Ten zapojíme mezi druhou a třetí zdičku voltmetru. Poslední zdička patří rozsahu 300 V. Celkový odpor je tu $300 \cdot 100 = 30000 \Omega$, od nichž odečteme dosavadní 3000Ω . Mezi třetí a čtvrtou zdičku zapojíme proto odpor $R_3 = 30000 - 3000 = 27000 \Omega$ čili $27 k\Omega$. Vzhledem k zatížení použijeme tvaru aspoň **říwattového**. Odpory ke zdičkám připájíme a zdičky poté znovu utáhneme, protože se ohřátím rády uvolní.

Důžno zdůraznit, že hodnoty odporů musí být co možno přesné. Nestáčí, že žádaná hodnota je na nich uvedena — ve skutečnosti mohou mít následkem výrobní od-

chylinky čili tolerance až o 20% větší nebo menší odpor! Proto vybereme jen odpory přesné na 1—1,5%, a to měřením na ohmmetru. (Pomůže starší kolega, který má můstek Omega I. Větší hodnotu můžeme o něco snížit připojením druhého odporu paralelně, malou naopak zvýšíme přidáním jiného odporu v sérii. (Počítání hodnot paralelních a seriových odporů bylo uvedeno v příručce S. Nečáskova »Radiotechnika do kapsy«, str. 51.) Také poslední odpor, R_3 , sestavíme raději ze 2 kusů vzhledem k polébné zalížitelnosti 3W. Na přesnosti odporů závisí i přesnost měření. Nyní se ve stavebnici prodávají již vybrané, změřené odpory.

Měření.

Při rozsahu do 3 V značí 1 dílek stupnice 0,1 V, na rozsahu 300 V ale již 10 V. Těmito poměry násobíme údaj ručky, abychom zjistili měřené napětí. Příslušné násobitele jsou uvedeny v tabulce dále.

Abychom přístroj nepoškodili přetížením, počínáme u neznámého napětí **vždy nejvyšším rozsahem** a teprve, když výchylka je příliš malá, přejdeme na rozsah nižší. Tak ukazuje-li přístroj 2 dílky při zapojeném rozsahu 300 V, je měřené napětí asi $2 \cdot 10 = 20$ V. Ty však naměříme přesněji na rozsahu 30 V a zjistíme, že nyní je výchylka ručky třeba 21 dílek, tedy napětí je 21 V. Naproti tomu ukazuje-li ručka na rozsahu 300 voltovém 4 dílky, je to napětí 40 V. Tu již na nižší rozsah přejít **nesmíme**, protože ten je pouze do 30 V! Větší rozsah má kromě toho i větší odpor, takže voltmetr méně zatěžuje měřený zdroj.

Pro přehled uvedeme tabulku měřících rozsahů, násobitelů údaje stupnice a vnitřních odporů našeho voltmetru:

Rozsah V	Násobitel	Odpor ohmů
3	0,1	300
30	1	3 000
300	10	30 000

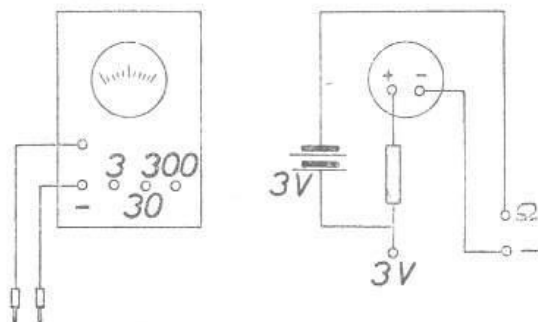
Před měřením se přesvědčíme, ukazuje-li ručka přístroje v klidu na nulu. V opačném případě ji nastavíme šroubkem na pouzdrů přístroje.

S přístrojem zacházíme šetrně. Ačkoli není právě choulostivý, přece nárazy nebo dokonce pád na zem mu nesvědčí, mohou přivodit poškození nebo i zničení přístroje! K připojování voltmetru na měřený zdroj používáme dvou kusů jednoparalelné šňůry nebo jiného ohebného vodiče, asi 50 cm dlouhých. Na koncích je opatříme banánky; je však výhodné, máme-li na jednom konci t. zv. měřicí hroty, které jsou na povrchu izolovány a ušetří nás případně elektrického úderu. **Polaritu nutno dodržovat**, neboť při opačném zapojení voltmetr neukazuje, ručička »jde za roh«. Proto banánky odlišíme barvou a stejně i měřicí hroty (nebo druhé konce přívodních šňůr). Jeden, na př. černý, bude vždy — pólem, druhý, červený či zelený, přesunujeme do příslušné zdířky podle žádaného rozsahu přístroje. Znovu podotýkáme, že tento voltmetr měří **jen proud stejnosměrný**.

Pro zkoušení spojů a zjišťování odporů můžeme náš voltmetr snadno přeměnit na ohmmetr.*) Přidáme 5. zdířku, umístěnou na př. nad řadou vývodů u — pólu a do skříňky namontujeme malou »kulatou« (správně hůlkovou) baterii o napětí 3 V. Je pro ni pěkné místo nad přístrojem, napříč skříňky. Protože baterie je i při zkoušení obvodů zatěžována neopatrně, vydrží dlouho a můžeme ji na přívody připájet. Ti zručnější připevní raději po stranách zevnitř skříňky 2 plíšky v místě baterie, která se mezi ně pak jednoduše zasune. Upozorňujeme, že bohužel nejsou všechny baterie stejně dlouhé a zatím co některou do skříňky vůbec nedostaneme, druhá zase vypadává. Proto ji přichytlíme nakonec páskem plechu.

*) Námět připojení 3 V baterie pro přeměnu tohoto voltmetru na ohmmetr pochází od p. Farkaše, někdejšího vedoucího poradny n. p. Elektra v Jindřišské ul, 12.

Spojení ohmmetru je krajně jednoduché: uhel (čepičku) baterie spojíme uvnitř se zdičkou +3 V, kalíšek (dno) s přidanou svorkou, kterou označíme Ω . Spojíme-li nakrátko přívodní šňůry, z nichž jedna je zasunuta do zdičky — a druhá do 5. zdičky s označením Ω , ručka se vychýlí právě na konec stupnice, na 30. dílek. To je nula ohmmetru. Protože zde nemáme možnost napětí stárnoucí baterie vyrovnávat, vyměníme ji prostě za jinou, jakmile nedosahuje při spojení přívodních šňůr ohmmetru až do konce stupnice. Zapojení ve funkci ohmmetru vidíme na obr. 8.



Obr. 8. Použití voltmetru k měření odporů.

I bez dalšího prokázal by nám takovýto »ohmmetr« cenné služby. Zjistíme jím, zda určitý obvod je přerušen (to se ručka vůbec nevychýlí), zda má nepatřičně veliký odpor (ručka se vychýlí více či méně vysoko), zda elektronka nemá přerušené vlákno, je-li dobré vinutí transformátoru nebo tlumivky a p.

Dotýkáme-li se zkušebními hroty ohmmetru známých a pokud možno přesných odporů, vidíme, že čím větší hodnota odporu, tím menší výchylka ručky. Uvidíme, že takto můžeme měřit odpory asi od $10\ \Omega$ do $10\ \text{k}\Omega$, zapíšeme-li si, jak velikému odporu odpovídá určitá výchylka, na př. $29^\circ = 10\ \Omega$, $13^\circ = 400\ \Omega$, $4^\circ = 5\ 000\ \Omega$ atd. Nej. lépe je nakreslit si na kus papíru stejnou stupnici, jakou má přístroj, a do ní zanést jinou barvou zjištěné hodnoty odporů. Takový výkres (nomogram) je přiložen (obr. 9) a protože byl pořízen na přístroji dobře vyváženém a s použitím jednocentních odporů, můžeme z něho přímo odečítati odpory s dostatečnou přesností. Pro zjištění stavu obvodů to rozhodně postačí.



Obr. 9. Ohmmetrová stupnice (skutečná velikost).

Vidíme, že i tak jednoduchý, domácí sestavený volt-ohmmetr vykoná amatéru cenné služby nejen při měření napětí, ale i při zkoušení obvodů, hledání chyb a měření odporů.

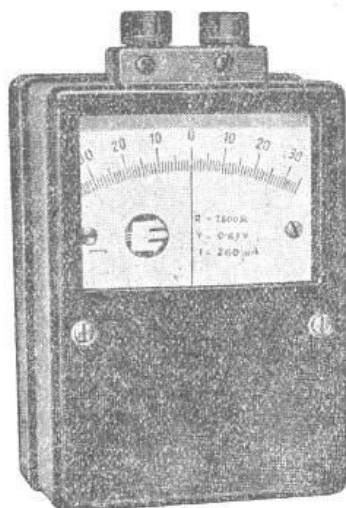
B. Universální galvanometr.

Více měření — zvláště měření střídavých proudů a napětí — můžeme provádět pomocí galvanometru E 50 s doplňovací (měrnou) skřínkou. Takový přístroj se již dá srovnat s továrními výrobky, přijde ovšem značně levněji, protože si jej zájemce sám sestaví. Přístroj má 2 samostatné části: Citlivý měřicí přístroj, zvaný galvanometr despréžského systému z vojenských otočných relé o velmi značné citlivosti a z doplňovací

skříňky, obsahující odpory pro měření napětí, bočníky proudové, usměrňovač a baterii pro ohmmetr.

1 Galvanometr E 50.

Jak řečeno, je galvanometr E 50 velmi citlivý deprežský přístroj s nulou uprostřed (oboustranná stupnice), se safírovými ložisky otočné cívky, odpérovane upevněnými,



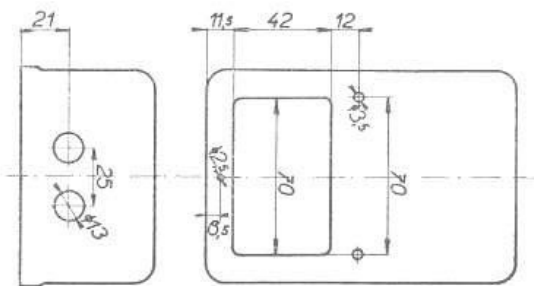
Obr. 10. Deprežský galvanometr.

takže snese i nárazy a hrubší zacházení. Plná výchylka nastane již při 0,25 mA čili 250 μ A. Galvanometr samotný se proto hodí jako citlivý indikátor rovnováhy pro stejnosměrné odporové můstky, měřiče zemních odporů a podobné účely. My jej použijeme jako základní jednotky velmi dobrého universálního měřidla s 23 rozsahy. V tom případě má přístroj odpor 4 000 Ω /V, který je však pro jednoduchost snížen při stejnosměrných i střídavých rozsazích na 1 000 Ω /V.

Stavebnice obsahuje připravený měřicí systém s ručkou a stupnicí, skříňku se sklem, základní desku a sáček s potřebnými šroubky, vyrovnávacími odpory a drobnostmi, jakož i svorkovnici pro vývod s mačkou i zdiřkou (t. zv. přístrojová svorka). Na ochranu před poškozením je systém provisorně připevněn v krabici, která bude tvořit skříňku galvanometru, ale amatér jej musí vyjmout, aby mohl proříznout okénko pro stupnici a vyvrát otvory pro svorkovnici a šrouby.

Bakelitový kryt je připevněn zespodu dvěma šrouby k základní desce. Ty vyšroubujeme a desku se systémem zatím odložíme. Na krabici naznamenanáme výřez pro sklo podle náčrtu v obr. 11., raději na každé straně o 1—2 mm užší, abychom mohli zapilováním srovnat případné nerovnosti řezu. Otvor vyřízneme lupenkovou pilkou, pro níž ve všech čtyřech rozích vyvrátíme otvory \varnothing 2—2,5 mm. Těžší je odvrtní pomocí řady otvorů, jež prolámeme a nerovné okraje zapilujeme. Bakelit je křehký a rád se ušlípne právě tam, kde si toho nejméně přejeme.

Sklo je připevněno 3 šroubky, jedním \varnothing 2,5 mm nahoře uprostřed se zapuštěnou hlavou (můžeme ji napustit na černo vyhřátím a ponořením do oleje) a dvěma \varnothing 3,5 milimetru s ozdobnou podložkou, umístěnými po stranách spodní hrany okénka. Sklo



Obr. 11. Kóly otvorů a výřezu.

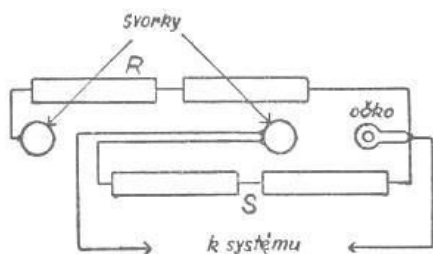
se přichytí vnitřními podložkami těchto šroubků, ale až po upevnění svorkovnice. Otvory pro ni jsou na horní užší straně a mají průměr 13 mm s roztečí 25 mm. Jsou umístěny souměrně kolem střední podélné osy skřínky. Tím je kryt galvanometru připraven a okénko zakryjeme zevnitř sklem a připevníme je podložkami šroubků.

Systém je připevněn k základní desce a zhruba již usazen; přesvědčíme se foukáním na ručku se strany, že výchylka přesahuje 30, dílek na obou stranách asi stejně. Páčka pro řízení nulové polohy (ve výřezu vespod vpředu) má při tom být postavena doprostřed výřezu. Není-li výchylka na obě strany stejná, povolíme šroub stahovacího kroužku, jímž je systém připevněn k prkénku a správnou polohu upravíme opatrným natočením systému na tu stranu, kde byla výchylka menší. Ručka nesmí být příliš vysoko nad stupnicí, znemožňuje to přesné čtení výchylky. Pak nutno **vyvážit** ručku nasunutím závažek na šikmé konce drátěného oblouku, nesoucího ručičku. K tomu je přiložena šroubovice (spirálka) z drátu 0,5 mm. Přestřihneme ji na dvě poloviny a šroubovitým pohybem nasadíme na každý konec oblouku jednu. Pak jimi posunujeme tak dlouho, až ručka při **mírném** naklácení přístroje se příliš nevychyluje z nulové polohy. Přístroj je stavěn pro vodorovnou polohu, takže vyvážení nemusí platit i pro svislé postavení! Tak tomu není ani u přístrojů továrních. Pak obě závažíčka a místo, kde je nasazena ručka, zakápneme malým množstvím laku, celulóidového lepidla nebo barvy. Větší množství může porušit získanou rovnováhu!

Nyní připevníme na skřínku svorkovnici a přívody. Svorkovnici nasadíme zvenci a zevnitř přiložíme perlinaxovou destičku s 2 otvory a spájecím plíškem. Ta ponese korekční (opravné) odpory, přiložené ke každému přístroji a opatřené číslem galvanometru. Připojením odporů se poněkud odchylné elektrické veličiny některých systémů vyrovnají na standardní hodnotu. Jedna sada odporů je označena R, druhá S. Použití dvou dílů dovolí větší přesnost odporů. Na př. odpory R mají hodnoty 1000 a 300 ohmů, odpory S třeba 1000 a 100 ohmů. Je tedy $R = 1\,300$ a $S = 1\,100$. Kdyby náhodou obě hodnoty byly stejné, je bočníkový odpor (S) označen křížkem a jejich vývody jsou zkroucené, protože přehozením odporů by se mohla zhoršit odchylna (tolerance).

Odpory S se připojí paralelně k systému, odpory R do serie. Jímí se dosáhne jednotné citlivosti galvanometru, a to 250 μA a 0,5 V pro plnou výchylku.

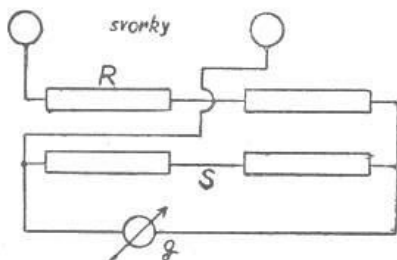
Pod matku na jeden šroub svorkovnice přichytíme nebo připájíme jeden konec odporu S, a to na šroub bližší spájecímu očku. Druhý konec v serií spojených odporů S přijde na toto očko. Z něho vede i jeden konec odporů R a přívod k systému, asi 15 cm dlouhý a nepříliš silný ohebný drát nebo kablík (isolovaný). Druhý, stejně dlouhý drát či kablík připojíme pod maticku druhé svorky spolu se zbývajícím koncem odporů S. To je zakresleno v obr. 12. a schema zapojení galvanometru na obr. 13. Dráty prostrčíme otvory v základní desce pod stupnicí ven. Natáhneme je, kryt při-



Obř 12. Připojení opravných odporů.

ložíme na desku a 2 šrouby zespodu jej připevníme jako byl na počátku. Dráty narovnáme a zamačkneme do drážek v prkénku.

Konce ponecháme o maličko delší, aby dráty nebyly příliš napnuté — zvláště levý (hleděno zespodu, systém u spodní hrany) musí mít dostatek vůle — protože se při řízení páčky pro nulovou polohu natahuje a zkracuje. Pravý drát, očistěný a pocínovaný, připájíme na mosazný plíšek, který ze systému vyčnívá vpravo u šestihranného šroubu, nesoucího ložisko otočné cívky galvanometru. Levý drát, ten o něco delší, připojíme na podobný plíšek vlevo od šroubu. Ten se však při řízení páčky pohybuje — nesmíme jej tudíž cinem »přilepit« ke kostře přístroje!



Obr. 13. Schematické zapojení galvanometru.

Tím je galvanometr sestaven. Aby se do systému nedostala nečistota a zvláště piliny, které silný magnet ochotně přitahuje z prachu i z okolního vzduchu, opatrný amatér pokryje dno ještě aspoň listem pertinaxu nebo lesklé lepenky, který připevní k základní desce přístroje šroubky, opatřenými malými gumovými nožkami (pokud je dostane; ke stavebnici nepatří!).

Nastavení ručky na nulu děje se páčkou ve výřezu spodní desky. Polarita není při galvanometru důležitá, protože ručka se může vychylovat na obě strany. Přece však vyzkoušíme, není-li pohyb ručky na některé straně lepší a bývá zvykem, že používáme pravé části stupnice, aby nula byla nalevo.

Samotného galvanometru lze použít jen pro speciální indikační účely. Pro amatéra má větší cenu jeho spojení s doplňovací skřínkou, která jej rozšíří na universální, t. j. střídavý i stejnosměrný volt-miliampér-ohmmetr pro měřicí účely.

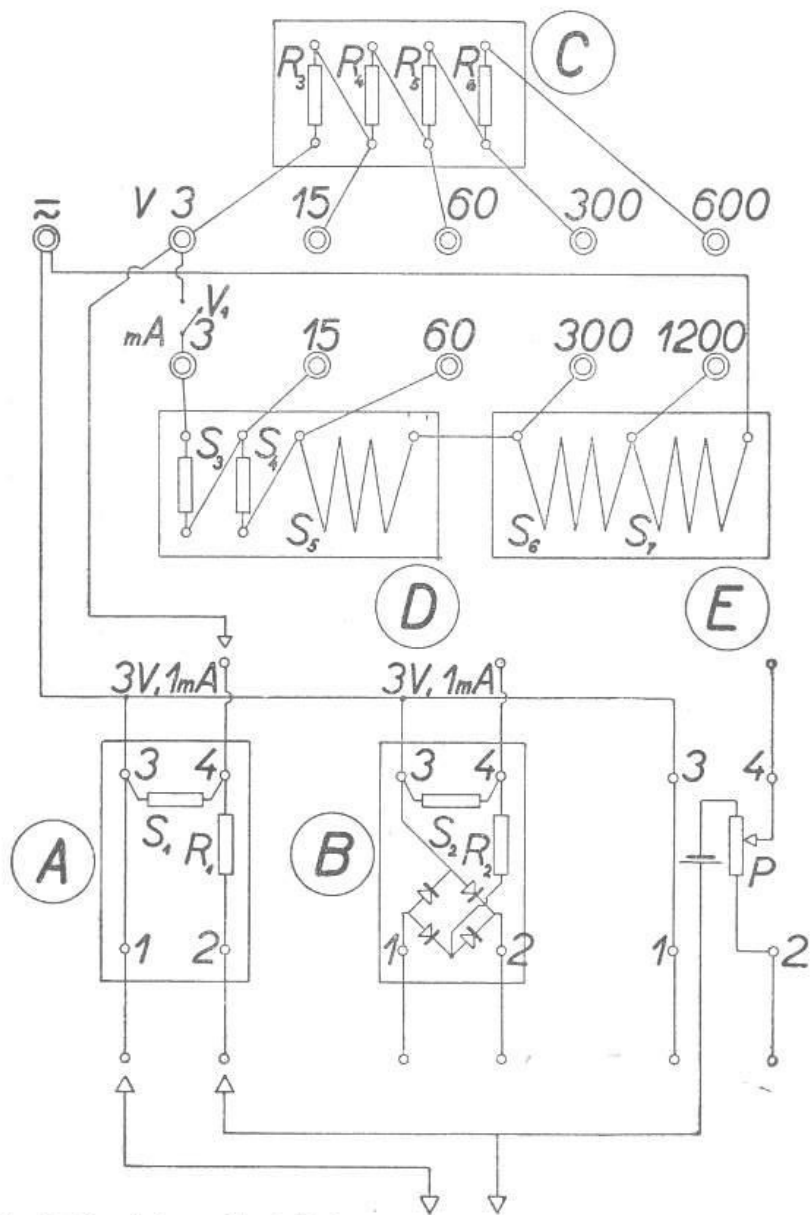
2. Doplnovací skřínka

je stejných rozměrů jako skřínka galvanometru E 50 a na spodní uží stěně opatřena nožkami, které umístěním a roztečí odpovídají svorkovnici galvanometru, takže je lze do sebe zasunout. Na vrchní stěně doplnovací skřínky je ve dvou řadách 11 zdířek pro měřicí rozsahy a šíitek pro označení převodu střídavých hodnot na stejnosměrnou lineární stupnici galvanometru. Vlivem usměrňovače nesouhlasí totiž — zvláště u malých hodnot — výchylka ručky se stejnosměrnou stupnicí a musíme ji korigovat (opravit) zakreslením do 30 dílkových měřítek (stupnic) na šíitku. Tuto konečnou korekci provedeme porovnáním s dobrým továrním přístrojem. Je to sice pracnější, ale zato přesné. Způsob separátních nákrasů střídavých stupnic není ani nový, ani špatný. Používala ho na př. světoznámá továrna Gossen u svého univerzálního doplňku k Mavometru. Hotovou doplnovací skřínku vidíme na obr. 14.



Obr. 14. Univerzální doplňovací skřínka.

Na šíitku jsou u zdířek označeny rozsahy napětí a proudů. Hvězdicový prepínač po levé straně dole, opatřený šipkou, zapojuje rozsahy: buď stejnosměrné, střídavé nebo ohmmetr, což udává poloha šipky vzhledem k značkám na straně šíitku. Stejnosměrný proud —, střídavý proud \surd , ohmmetr Ω . V této poloze je současně zapojena zabudovaná baterie 1,5 V pro měření odporů. Protože cillivost galvanometru je 0,5 V pro plnou výchylku, nařídíme potřebné menší napětí potenciometrem vpravo nahoře. Měrné rozsahy napětí jsou: samotný galvanometr 0,5 V a na skřínce 3, 15, 60, 300 a 600 V stejnosměrných a kromě prvé stejné hodnoty i pro proud střídavý. Proudové obory obsahují 0,25 mA (samotný galvanometr) a 3, 15, 60, 300 a 1 200 mA (= 1,2 A) pro oba druhy proudu. Ohmmetr má rozsah asi 50 až 50 000 ohmů; celkem 23 rozsahy. Kromě toho dáme-li spínač **V-mA** vlevo nahoře při měření napětí do polohy **mA**, přídáme paralelně bočníky, čímž se rozsahy napětí (kromě prvého) ca ztrojnásobí; na př. stoupne z 15 V bez přesunování přívodu na 45 V. To přidá ještě 4 rozsahy napětí, takže celkem má náš univerzální galvanometr vlastně 27 měřicích rozsahů. Tomu nutně odpovídá i daleko větší počet odporů a bočníků nežli u jednoduchého



Obr. 15. Označení nosných destiček a zapojení odporů.

voltmetru, dříve popsaného. Největší překážka však je v nedostatku přesných odporů na trhu, jejichž tolerance čili odchylka od správné hodnoty by byla nejvýše 1%. Musíme si proto pomoci řazením několika odporů tam, kde by vystačil jeden. Na př. místo 27 kiloomů máme odpory značené 20 a 7 k Ω v serii, které ale ve skutečnosti mají 20 \pm 6,5 k Ω . Proto musíme k nim přidat ještě odpor 500 Ω do serie. Jindy bude zase celek větší nežli chceme, třeba 21 \pm 6,6 k Ω . Tu zas musíme přidat třetí odpor paralelně, na př. k odporu 6,6 k Ω hodnotu 66 k Ω . (Pro rezervu je na perlinaxových můstcích, nesoucích odpory, více spájecích oček, z nichž některá zůstanou ovšem prázdná.)

Příslušné odpory pro ten který rozsah jsou ve stavebnici uloženy v sáčcích s číselným označením polohy v zapojení (na př. R₃, první voltový rozsah, nebo S₁, druhý rozsah proudový) se schematickým znázorněním, jak je máme spojit, totiž které do serie a které paralelně; odpory, které v sáčku nejsou obsaženy, jsou v nákresu na něm přeškrtnuty.

Důležitá upozornění! Protože jednotlivé odpory jsou složeny z několika, spolu přesně změřených kusů, nesmíme je pomíchat! Nikdy neotvírejte najednou více sáčků než ten, který právě potřebujete! Vysypání obsahu všech sáčků najednou, třeba abychom se přesvědčili, »že nás neosidili« znamená — mluveno řečí snáhe — »celou stavebnici zahodit můžeš! Proto při prohlížení sáčků opatrnost a rozvahu!

Základní rozsah galvanometru se pro měřicí účely v doplňkové skřínce zvýší na 3 V a 1 mA, takže měřidlo má jak pro stejnosměrný tak i pro střídavý proud odpor 1000 Ω /V.

Odpory připájíme na můstky, perlinaxové destičky asi 4,5 \times 8 cm veliké. Je jich celkem 5 včetně stejně velkých bočniců pro poslední 2 rozsahy proudové, 300 a 1 200 mA. Zapojení odporů a označení můstků je nejlépe patrné z výkresu na obr. 15. Mezi můstky vkládáme listy perlinaxu stejné velikosti, aby se zamezily zkratky při stěsnané montáži v krabičce. Tato práce vyžaduje opatrnosti, abychom nepřehodili některý odpor nebo vývod z můstku — pak by příslušný rozsah neukazoval správně, ale mohl by se poškodit i galvanometr.

Postup montáže:

1. Navrtání skřínky podle výkresů, na vrchní stěně pro zdířky, vlevo po straně nahoře pro páčkový vypínač a dole pro hvězdicový přepínač. Vpravo po straně je potenciometr ohmmetru. Nožky na spodní straně musí být co možno přesně podle svorkovnice galvanometru, aby po zasunutí obě skřínky sedly do roviny. Otvory vyvrátíme o málo větší a nožky usadíme po obou stranách stěny podložkami. Zdířky rozložíme podle štitku, který slouží zároveň za vrtací šablonu. Štítek vystříháme a označené otvory provedeme vrtákem podle zdířek. Dolní okraj štitku přichýlneme v naznačených místech dvěma šroubky průměru 3 mm. Pokud chceme hotový štítek pokrýt ochranným listem celuloidu nebo celonu, vyřízneme do skřínky závit (předvrtání 2,4 mm vrtákem), aby se daly šroubky vyjmout a ochranný list nazvednout při cejchování. Jinak chráníme štítek po konečném ocejchování nastříkáním celuloidovým nebo zaponovým lákem — pak ovšem šroubky nepotřebujeme vyjmát a můžeme je upevnit zespodu matickami.

2. Namontujeme spínač **V-mA**, hvězdicový přepínač a potenciometr.

3. Odpory ze sáčků postupně připájíme na příslušné můstky. Z nich **A** a **B** jsou již hotové, protože u můstku **A** je nutné vyrovnání hodnot se systémem pro stejnosměrný proud, u můstku **B** zase s usměrňovačem, který je složen ze 4 článků stejných charakteristik, což by amatér sám mohl těžko provést. Vývody z můstků ponecháme asi 17 cm dlouhé a označíme je čísly podle výkresů. Můstky **D** a **E** jsou proudové bočnicí a navineme je z odporového drátu, přiloženého rovněž v označených sáčcích, a to na druhou polovinu destičky **D** bočnicí **S₀** pro 60 mA (z nejslabšího drátu). První polovina

můstku **D** nese hmotové odpory S_3 a S_4 . Můstek **E** má dvoji drátové vinutí, a to S_5 pro 300 mA a S_7 pro rozsah 1,2 A, postupně ze silnějšího drátu.

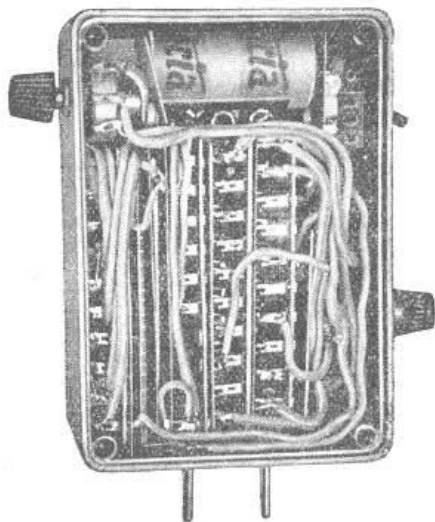
4. Když máme můstky holové a venku předběžně vyzkoušené, zapojíme spínač **V-mA**.

5. Připojíme k přepínači — $\infty \Omega$ destičky **A** a **B** a vyvedeme si dráty pro ohmmetr, t. j. z přepínače a od potenciometru, k nimž bychom později dobře nemohli.

6. Připojíme vývody odporů pro napětí (můstek **C**) k příslušným zdičkám horní řady, označené **V**.

7. Podobně vývody můstků proudových **D** a **E** připojíme k zdičkám označeným mA. Nezapomeňme vkládat mezi můstky instalační destičky, pozor na zkratky a správné připojení k přepínači! Vývody můstků dáváme už při sestavování všechny na jednu stranu, aby po zasunutí do skřínky trčely vzhůru. Doporučuje se každý zapojený vývod a obvod hned vyzkoušet, neboť tak odkryjeme eventuální chybu snadno, ale po úplném sestavení bylo by to pracné. Spájíme čistě a řádně a zbytečně neznečišťujeme spoje množstvím pasty!

8. Nakonec připájíme na volné vývody jeden suchý článek, který získáme přelomením malé »kulaté« baterie a zase ji obložíme destičkami (obr. 16.).



Obr. 16. Pohled do hotového doplňku.

Cejchování.

Po úplném sestavení nastane důležitá práce: korigování a cejchování jednollivých rozsahů. K tomu potřebujeme pro srovnání dobře lovární universální měřidlo jako Normometr, Mullizef, Avomet nebo Multavi, 2 potenciometry — asi $1\,000\ \Omega$ a $50\ k\Omega$, prvý nejlépe drátový nebo aspoň pro vyšší zařízení a zdroj stejnosměrného napětí. Cejchujeme nejprve na konečnou výchylku ručky. Pro první rozsahy napětí 3 a 15 V stačí suché baterie, na vyšší použijeme eliminátoru nebo síťové části přijímače. Pro cejchování rozsahů proudových potřebujeme zdroj silnějšího proudu, nejlépe akumulátor 4 až 6 V a síťový transformátor o napětí 6 V/1,5 A. K řízení proudu slouží proměnné odpory (rheostaty), pro nejvyšší rozsahy musí mít rheostaty větší odpor, zato však stačí

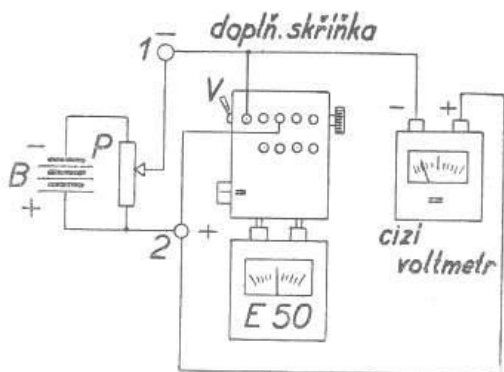
pro menší zařízení. Vystačíme však i s přidáním seriových odporů pevných, jejichž hodnotu pro ten který rozsah určíme z Ohmova zákona:

$$R = \frac{E}{I} \quad (\Omega, V, A)$$

Na př. rozsah 300 mA při napětí 4 V potřebuje celkový odpor $R = \frac{4}{0,3} = 13,3 \Omega$.

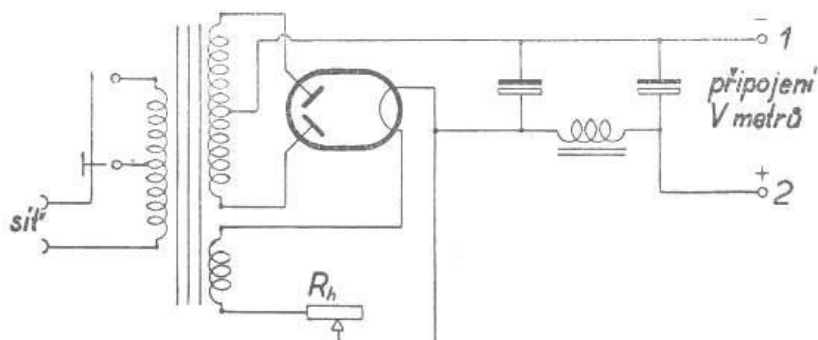
Odpory obou měřících přístrojů se k říditelnému odporu přičítají, ale nastavitelností rheostatu tuto odchylku vyrovnáme.

Cejchování **stejnoseměrným napětím** je nejjednodušší. Ježto můstek **A** je už vyvážen, je první stejnosměrný rozsah 3 V dán přímo odporem R_1 . Jednu přívodní šňůru zasuneme do společné zdičky vlevo nahoře, označené —, druhou podobnou šňůru do zdičky 3 V. Páčku spínače vlevo po straně dáme do polohy **V** a přepínač dole do polohy — (stejnoseměrný proud). Cejchování provádíme zapojením kontrolního přístroje **parallelně** s vývody našeho na potenciometr a baterii podle schematického zapojení obr. 17. Pro malé rozsahy použijeme potenciometru o 1.000Ω . Nejprve nařídíme otáčením potenciometru na kontrolním přístroji přesně napětí 3 V. Ručka našeho galvanometru musí ukazovat rovněž na 30, dále. Kdyby tomu tak náhodou nebylo, změnili bychom odpor R_1 na můstku **A**, obvykle však bude přesnost dostatečná. Pozor též na správnou nulovou polohu ručky galvanometru před zahájením měření!



Obr. 17. Cejchování stejnosměrným napětím.

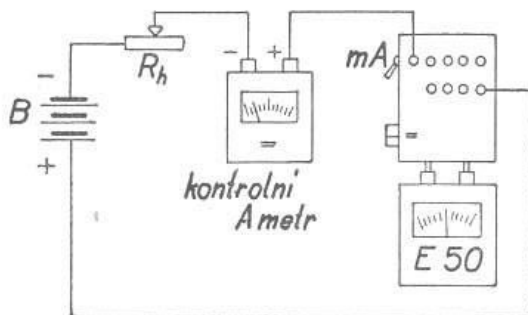
Pak potenciometrem nařídíme postupně 2 a 1 V a zkontrolujeme údaj našeho přístroje. Pro vyšší napětí nepostačí již baterie a proto použijeme usměrněného napětí síle. Napětí regulujeme buď potenciometrem jako prve, ovšem hodnoty asi $50 \text{ k}\Omega$, nebo zařadíme do žhavičho obvodu usměrňovací elektronky rheostat asi $5 \Omega/1 \text{ A}$, kterým řídíme žhavení a tím velmi plynule i usměrněné anodové napětí. Starší B-eliminátory mívaly regulovatelné žhavení a možno jich použití. Zapojení provedeme podle obr. 18. Druhý měřící kablík zasuneme do zdičky 300 V a změříme plně napětí eliminátoru (při použití síťové části přijímače vyjme z přístroje elektronky, aby napětí slouplo). Bude to asi 300 V, u starších eliminátorů asi 200 V. Menší hodnoty nastavíme potenciometrem nebo pomalým snižováním žhavení usměrňovačky. (Kondensátory eliminátoru se vybíjejí pomalu, takže napětí nesleduje ihned změnu žhavení.) Tak překontrolujeme měřící rozsah 300 V. Nejvyšší rozsah napětí bude těžko možno přezkoušet na plnou výchylku, protože 600 V asi nebudeme mít po ruce. Spokojíme se proto se



Obr. 18. Řízení měrného napětí změnou žavení.

zjištěním, kolik ukazuje naše nejvyšší napětí na rozsahu 600 V a zda to souhlasí s předchozím měřením. Obvykle bude shoda dobrá.

S kontrolou rozsahů stejnosměrného proudu je to jiné. Zde musíme oba přístroje, náš i kontrolní, zapojit **do serie** (obr. 19.). Páčku spínače vlevo dáme do polohy **mA**. Místo potenciometru použijeme proměnného odporu (rheostatu) pro zatížení aspoň 1,2 A. Při zahájení měření má být nastaven na nejvyšší hodnotu, nikoliv snad nakrátko — jinak bychom mohli oba přístroje poškodit! Za zdroj slouží akumulátor 4 V a přívod k našemu měřidlu zasuneme do zdičky 1 200 mA. Rheostatem nařídíme pak podle kontrolního přístroje proud 1,2 A. Proudové rozsahy našeho přístroje budou možná potřebovali korekce, neboť odporový drát bočníků je z té příčiny úmyslně delší. Rozsah 1 200 mA je ovládnán odporem S_7 . Bude-li výchylka našeho měřidla větší než kontrolního, zkrátíme o něco drát vinutí S_7 . V případě opačném, který je méně pravděpodobný, jsou asi závitový odporu spojeny nakrátko. Již při vinutí je utahujeme a dbáme, aby se nekřížily a neposunovaly.



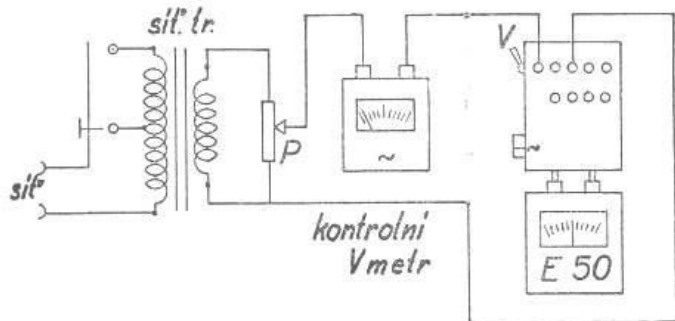
Obr. 19. Cejchování rozsahů proudových.

Po opravě přejdeme na rozsah 300 mA, předem zvětšivše rheostat přidáním vhodného seriového odporu. Korigujeme však jen vinutí S_6 pro 300 mA a nejvýše ještě S_5 na

místku **D**. Ostatní rozsahy mají přesně sdružené hmotové odpory. Tim máme cejchování stejnosměrných rozsahů za sebou.

Se **střídavými** rozsahy je to již těžší. Kdežto dosud nám stačilo zkontrolovat konečnou výchylku a nejvýš ještě »přejet« desátý a dvacátý dílek, musíme při střídavém proudu cejchovat tím více bodů, čím přesnější měření požadujeme, na př. každý druhý dílek. Nezapomeňme též, že v rozsahu 3 V značí jeden dílek 0,1 V, v rozsahu 600 V stejný dílek znamená již 20 V!

Postup je jinak obdobný jako při cejchování rozsahů stejnosměrných, až na to, že používáme jako zdroje střídavého napětí 4 až 6 V pro nízké rozsahy napětí i proudů a transformátoru s vyšším napětím pro rozsahy největší. Šipkový přepínač dáme do polohy \curvearrowright a spínač vlevo nahoře na V. Potenciometr — opět asi 1 000 Ω — zapojíme paralelně na transformátor o nízkém napětí, na př. na žhavicí vinutí síťového přijímače (usměrňovačku při tom z opatrnosti vyjme!) a kontrolní i cejchované měřidlo spojíme **paralelně** mezi jeden konec a běžec potenciometru podle obr. 20.



Obr. 20. Kontrola rozsahů střídavého napětí.

(Levá krajní svorka galvanometru má být spojena s běžcem P, nikoli s koncem.)

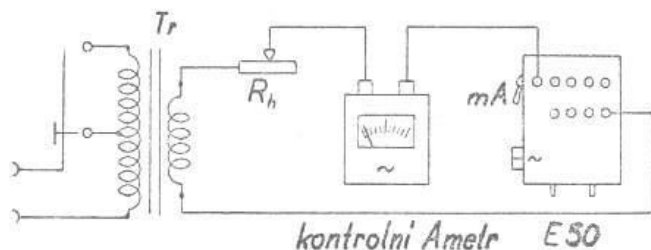
Na kontrolním měřidle nastavíme napětí 3 V a odečteme na stupnici galvanometru výchylku ručky. Neprovádíme však žádnou opravu, když výchylka nesouhlasí s kontrolním přístrojem, nýbrž příslušný údaj zaneseme na měřítko na šítku, označené 3 V, na doplňovací skřínce. Krycí list šítku ovšem předem odstraníme (nadzdvihneme). Čárku, která značí střídavé napětí na stejnosměrné stupnici, zakreslíme zatím tužkou a co možno přesně. Údaje obou přístrojů pro jistotu překontrolujeme podle hesla »dvakrát měř — jednou řez!«. Tak postupujeme po dvou desetínách voltu, nebo v jiných skocích, podle zvolené přesnosti, dolů až k 0,6 nebo 0,4 V. Dole jsou totiž dílky stále hustší a větší množství jich by bylo na úkor přehlednosti.

U všech dalších rozsahů napětí, které jsou větší než asi 5 V, má koncová výchylka již zase zhruba souhlasit s koncem ss stupnice. Pak opět postupujeme s napětím dolů nastavováním potenciometru. Zde ovšem už nestačí žhavicí vinutí, lépe by posloužil t. zv. hračkový transformátolek o napětí asi 24 V. (Vhodné zdroje budou asi slabinou cejchování vůbec.) Měřidla přepneme na vyšší rozsah, u nás 15 V a pokračujeme stejně, jak bylo popsáno. Totéž provedeme na rozsahu 60 V, 300 a 600 V střídavých získáme na síťovém transformátoru přijímače použitím jedné nebo obou polovin anodového vinutí. Napětí zase řídíme potenciometrem, jeho zatížení bude ale dosít vysoké (při 600 voltch a potenciometru 50 000 ohmů již 7,25 W), a to běžný malý druh nesnese! Údaje zanášíme vždy do příslušné stupnice šítku.

Při cejchování střídavých rozsahů **proudových** postupujeme jako při napětí, ale obě měřidla spojíme v serii, jako při korekci stejnosměrných rozsahů proudových. Proud řídíme zase zhruba stejně a jako zdroj slouží transformátor o napětí 6—8 V, protože

vlivem odporu přístrojů se část napětí v nich ztrácí. Postupujeme zase od nejvyššího rozsahu 1200 mA dolů. Koncová výchylka má zhruba souhlasit. Pracovní postup není jistě třeba znovu popisovat, protože je stejný jako při cejchování střídavého napětí.

Proměnný odpor zase pro menší rozsahy doplňujeme seriovými odpory, jejichž velikost stanovíme z Ohmova zákona, jak již bylo popsáno. Údaje ručky galvanometru ve srovnání s kontrolním přístrojem zanášíme do lineárních stupnic na štítku doplňovací skřínky. Tak ocejchujeme všechny střídavé rozsahy (obr. 21.).



Obr. 21. Cejchování stříd. rozsahů proudových.

Zbývá poslední měřicí rozsah, ohmmetr. K jeho cejchování nepoužíváme žádného proudového zdroje, ale co možno přesných odporů, aspoň s tolerancí 1% od 50 do 50 000 ohmů. Vývody ohmmetru jsou stejné, jako pro měření napětí do 3 V, tedy společná levá zdirka — a vývod 3 V. Hvězdicový přepínač vlevo dole dáme do polohy Ω a spínač V-MA jako pro měření napětí. Pak nařídíme ohmmetr na nulu, ale nikoli pohybem anulační páčky na galvanometru, nýbrž elektricky, potenciometrem vpravo nahoře. Obě přívodní šňůry spojíme nakrátko a knoflíkem potenciometru otáčíme tak dlouho, až ručka dosáhne plné výchylky, t. j. třicátého dílku. To je nulový bod ohmmetru. Pak přívodní šňůry rozpojíme a vkládáme mezi ně přesné odpory, počínaje nejmenším. Do stupnice Ω na štítku zaznamenáme výchylku pro ten který odpor, na př. $290 = 50 \Omega$ atd. Tak ocejchujeme celý rozsah. Po měření ohmmetrem nezapomeňme dát hvězdicový přepínač do jiné polohy, aby se vypojila pomocná baterie. Občas ji také musíme vyměnit, vydrží ale řadu měsíců.

Máme-li všechny rozsahy ocejchovány, nakreslíme značky ve stupnicích na štítku definitivně, a tedy **pořádně**, třeba červenou tuší, abychom je snadno odlišili od černých dílků stupnic lineárních. Zbytky značek odstraníme měkkou gumou a šiflík buď přikryjeme listem celuloidu, drženým dole šroubky, nebo nastříkáme rozprašovačem (fixírkou) na štítek roztok celuloidu v acetonu nebo zaponový lak a necháme řádně zaschnout. Zespodu uzavřeme doplňovací skříňku prkénkem stejně silným, jako u galvanometru. Tím máme celý univerzální miliampér-volt-ohmmetr hotový.

Měření.

S naším přístrojem můžeme měřit stejnosměrně i střídavé napětí do 600 V, proudy do 1,2 A, zkoušet stav obvodů (hledání chyb) a měřit ohmické odpory od 50 do 50 000 ohmů.

Pro přehlednost uvedeme ještě tabulku násobitelů a vnitřního odporu přístroje pro různé rozsahy.

Rozsah V	Násobitel	Odpor ohmů
3	0,1	3 000
15	0,5	15 000
60	2	60 000
300	10	300 000
600	20	600 000

Rozsah mA	Násobitel	Odpor ohmů
3	0,1	1000
15	0,5	270
60	2	71
300	10	14,3
1 200	40	3,6

Na př. ukazuje-li přístroj na 300 V rozsahu výchylku 24 dílky, je měřené napětí $24 \cdot 10$ čili 240 V.

Všem měřením je společná levá svorka nahoře, označená —. Rozsahy zařazujeme přemísťováním druhého přívodního banánku do zdířek označených **V** nebo **mA** podle toho, měříme-li napětí nebo proud. Předem se také vždy přesvědčíme, že ručka přístroje je skutečně na nule.

Měření stejnosměrného napětí.

Hvězdicový přepínač vlevo dole dáme do polohy —, spínač nahoře vlevo do polohy **V**. Jeden přívod s banánkem zasuneme do společné zdířky, druhý podle rozsahu do některé zdířky **V**. O měření a převodu dílků na volty bylo již řečeno dříve. Přemísťováním spínače **V-mA** do polohy **mA** zvýšíme rozsah napětí na trojnásobek bez přepínání přívodního banánku do jiné zdířky. Stejně ovšem sloupne spotřeba měřidla.

Měření střídavého napětí.

Hvězdicový přepínač do polohy \surd . Jinak je obsluha stejná, jako při měření stejnosměrného napětí. Výchylka ručky neudává však napětí přímo. To zjistíme teprve z cejchovní křivky na štítku skřínky pro použitý měřicí rozsah. Na př. ručka ukazuje při zapojení 15voltového rozsahu 22 dílky. Na korekční stupnici zjistíme, že 22 lineární černé dílky odpovídají 26 červeným (střídavým). Ty pak násobíme příslušným násobitelem z tabulky, zde 0,5. Výsledek: Měřené napětí je $26 \cdot 0,5 = 13$ V (bylo měřeno žhavicí napětí 12,6 V vojenských elektronek). Stejně určíme střídavé napětí i na jiném rozsahu.

Měření stejnosměrného proudu.

Jeden přívod zůstane ve společné zdířce, druhý zasuneme podle rozsahu do některé zdířky v druhé řadě (**mA**). Hvězdicový přepínač dáme do polohy —, spínač nahoře do polohy **mA**. Měření je stejné jako u stejnosměrného napětí. Na př. je zapojen rozsah 60 mA a měříme anodový proud koncové elektrony. Výchylka ručky udává 17 dílků. Násobitel z hornější tabulky je 2, tudíž anodový proud je $17 \cdot 2 = 34$ mA.

Měření střídavého proudu.

Přívody jsou umístěny jako při měření stejnosměrného proudu, hvězdicový přepínač je v prostřední poloze (\surd). Jako u střídavého napětí, není ani při měření střídavého proudu směrodatná přímo výchylka přístroje; na skutečnou hodnotu ji převedeme pomocí červených značek na příslušné stupnici štítku.

Samozřejmě každé měření počínáme raději na vyšším rozsahu, v zájmu bezpečnosti přístroje, a teprve je-li výchylka zde nedostatečná, přepneme nižší rozsah.

Poslední proudový obor 1 200 mA zatěžujeme jen **krátkodobým** měřením, nikoli tedy trvalým provozem!

Měření odporů a zkoušení obvodů.

Při zkoušení zkratu v obvodech, proražené izolace kondensátorů a pod., jakož i pro měření odporů ponecháme zase jeden přívod ve společné zdiřce, druhý zasuneme do zdiřky 3 V. Spínač **V-mA** musí být v poloze **V**, hvězdicový přepínač nastavíme na značku Ω . Sepnutím přívodních drátů měřidla nastavíme pomocí potenciometru vpravo plnou výchylku, 30. dílek jako nulu. Pak přívody rozpojíme a můžeme jimi kontrolovat a zkoušet obvody. K měření odporů poslouží nám zase převodní stupnice na štičku dole. Po skončeném zkoušení nebo měření odporů přepneme hvězdicový přepínač do jiné polohy, aby se baterie nevybíjela.

Uvedené způsoby měření ukazují, jak cenné služby může amatér prokázatí přístroj, který si sám sestavil za cenu nepoměrně nižší, nežli co stojí podobný přístroj lovární. Je zapotřebí pouze opatrnosti, abychom nepřehodili spoje a trpělivosti a přesnosti při cejchování.

Literatura o měřidlech a měření:

Ing. Václav Volf: Základní elektrická měření. Vydal ESC 1949.

Ing. M. Pacák: Měřicí metody a přístroje v radiotechnice. Vydal Orbis 1949.

ODBORNĚ ČASOPISY O MĚŘICÍCH PŘÍSTROJÍCH:

Elektrotechnik = zkr. **El.**, Krátké vlny = zkr. **K. V.**, Elektronik = zkr. **E.**,
Radioamatér = zkr. **Ra.**

Měřicí přístroj [mA metr] z výprodejněho relé, I. SOUDEK — **E.** 12/1948, 290.

Prostý porovnávací voltmetr 1,5 až 750 V ss — **Ra.** 8/1947, 214.

Praktické poznámky ke stavbě univerzálního vollampérmetru, V. POULA —
K. V. 8—9/1949, 126.

Laboratorní přístroj z výprodejněho měřiče — **E.** 1/51, 25.

Zdokonalená přestavba měř. přístroje — **E.** 5/1951, 114.

Poznámky k návrhu měřicího přístroje, H. ROTT — **K. V.** 3/1951, 59.

Cejchování laboratorních měřicích přístrojů, Ing. B. FRÖHLICH — **El.** 3/1951, 57.

Potenciometr k cejchování měřičů — **Ra.** 6/1948, 164.

Jak jistit měřicí přístroje — **E.** 7/1950, 159.

Určení vnitřního odporu mAmetru — **E.** 1/1949, 15; **Ra.** 4/1947, 90.

Zapojení měřidel s usměrňovači, Dr. J. NECHVÍLE — **E.** 6/1949, 140.

Data a značení usměrňovačů pro měřicí účely («švábky»), J. N. — **Ra.** 3/1948, 72.

Nejjednodušší přizpůsobení mAmetru, F. FREY — **K. V.** 4—5/1950, 86.

Miliampérvoltmetr s 12 rozsahy (jednoduchý ss) — **Ra.** 12/1947, 344.

Voltmetr na sí napětí, Dr. J. NECHVÍLE — **Ra.** 3/1948, 72.

Univerzální vollampérohmometr — **E.** 5 a 6/1951, 118 a 146.

Pomocný vysílač pro domácí dílnu — **E.** 4/1950, 88; **E.** 6/1950, 131; **Ra.** 12/1946, 312.

Zkoušeč elektronek — **E.** 11/1949, 250.

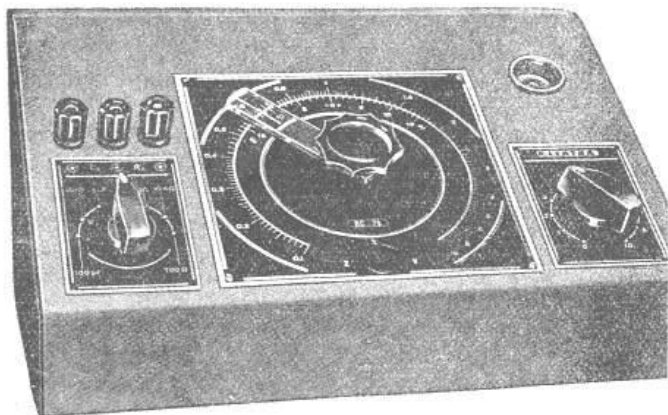
Univerzální můstek R, L, C (1000 c/s) — **E.** 3/1949, 58.

Malý a jednoduchý oscilograf s LB 8 — **E.** 12/1948, 284.

Zážnějový tónový generátor 25 až 16 000 c/s — **Ra.** 6/1947, 156.

Můstek R, C (à la philoskop) — **E.** 10/1950, 232.

RC-70



Můstek na měření kapacit a odporů

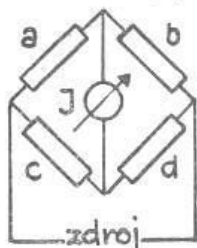
ÚVODEM

V radioamatérské a opravářské praxi často narazíme na nutnost měření. Voltmetr a ampérmetr jsou ovšem nezbytností; bez nich je pracovník jako bezruký. Ale ty nestačí. Je třeba měřit ještě mnoho jiných veličin.

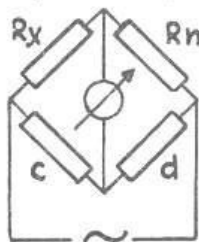
Mnohem snáze docílíme úspěšných výsledků při stavbě či opravě přístroje, můžeme-li se přesvědčiti o hodnotách a jakosti součástí, které chceme použít. Vždyť mnohé leží již dlouho doma, nebo byly dokonce již jednou či vícekrát použity. A to jim nepřidá jistě na jakosti. Zde nám měření ušetří často svízelné a zdlouhavé hledání závady dodatečně. Kromě toho snad každý radioamatér má nějaký ten »poklad«, krabici odporů a kondensátorů, s nichž zlomyslný zub času smazal právě jen údaj hodnoty, bez něhož je ovšem součástka bezcenná. Posuzování podle rozměrů nás může docela zavést. Odpory v nejhorším případě určíme metodou Ohmovou, tedy z proudu, protékajícího odporem, připojeným na známé a změřené napětí. U kondensátorů však tohoto způsobu nelze užít, protože kondensátor je pro stejnosměrný proud nepropustný. Se střídavým proudem je to již choulostlivější a hlavně — pro malé hodnoty kapacity nepřichází ani tato metoda v úvahu, protože je při malých kapacitách velmi nepřesná. Známe však ještě měření nepřímé, čili srovnávací. Neznámou součástku porovnáваме s hodnotou přesně známou, s t. zv. normálem a protože těch můžeme mít větší množství, je to měření pohodlné a rychlé. Jedním a tým přístrojem můžeme kromě toho určovat jak odpory reálné (ohmické), tak i jalové a složené (reaktance a impedance), tedy také kapacity a indukčnosti. Je třeba jen použítí normálu stejného charakteru, jako součástka zkoušená. Pohodlné a rychle a při tom se značnou přesností provádíme takováto srovnávací měření t. zv. můstkovým způsobem. Takový přístroj se pak jmenuje podle toho, co jím můžeme měřit, R-C nebo R-L-C můstek, podle fyzikálních znaků odporu (R), kapacity (C) neb indukčnosti (L).

PODSTATA MĚRNEHO MŮSTKU

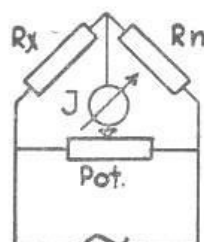
Základem většiny takových přístrojů je můstek Wheatstoneův (huístnův), principiálně zobrazený v nákrese 1. Je to vlastně čtyřpól, mezi jehož dva vývody, ležící v jedné uhlopříčně, přivádíme měrný proud (na obrázku označený »zdroj«) a ze dvou opačných jej vyvádíme do cillivého indikátoru I (sluchátka, galvanometr, magické oko a pod.). Porovnávají se vždy sousední větve, a, b, nebo c, d. Jsou-li obě stejné, indikátorem protéká nejmenší proud, případně neprotéká vůbec (metoda minima), což je jedním z nejpřesnějších způsobů měření. Pro měření odporů vystačíme se stejnosměrným proudem (indikátorem bývá cillivý galvanometr), pro kapacity a indukčnosti nutno použítí proudu střídavého. Tím se ale dají měřiti i odpory ohmické, takže **střídavým** proudem napájený můstek je universální.



Obr. 1.



Obr. 2.



Obr. 3.

Neznámý odpor R_x zařazujeme do jedné větve, známou hodnotu R_n čili **normál** do sousední, obr. 2. Aby indikátorem netekl pokud možno žádný proud, je nutno, aby celý můstek byl elektricky v rovnováze. Také větve c, d, musí k sobě býti ve stejném poměru, jako a:b. Početně (bez ohledu na velikosti odporů ve větvích) platí tu úměra:

$$R_x : R_n = c : d \quad 1$$

a z ní najdeme snadno samotnou hodnotu měřeného odporu

$$R_x = R_n \cdot \frac{c}{d} \quad 2$$

Abychom nemusili poměr větvi c:d pracně hledati výměnou odporů, můžeme použítí místo obou společného **potenciometru**, protože nám nezáleží na velikosti odporů, ale na jejich poměru. A ten pak nastavíme snadno běžcem potenciometru. Proto mu říkáme **potenciometr poměrový**. Zapojení ukazuje obr. 3.

Poměr obou větví známých (na obr. 2. označených c a d) je na stupnici potenciometru vyneseno přímo, takže jej nemusíme vůbec vyhledávali. Podle rovnice (2) vynásobíme číselný poměr, při němž indikátor vykazuje minimum, hodnotou použitého normálu a máme výsledek. Tak na př. poměrový potenciometr vykazuje minimum při poloze ukazatele na číslici 2,3 s normálem 1000 ohmů. Měřený odpor má tedy $2,3 \times 1000 = 2.300$ ohmů. Solva si můžeme představití měření jednoduši a rychlejší a ještě k tomu značně přesné!

Místu odporů R_x a R_n lze též zapojit kondensátory neb indukčnosti (při napájení můstku střídavým proudem) a protože všechny normály máme ve skřínce můstku a přepojujeme je podle libosti, můžeme rychle přejít z měření odporů na kapacity a podobně. A takový praktický můstek, napájený ze sítě, v němž indikátorem je magické oko se zesilovačem si v dalším popíšeme.

TECHNICKÉ PŘEVEDENÍ MŮSTKU » RC-70 «

Konstrukce je účelná a esteticky vzhledná. Celek tvoří masivní skříň ze silného železného plechu, čímž je vnitřek dokonale stíněn a vyloučeny tak vnější vlivy. Skříň má základnu 200×300 mm, výšku 150 mm a je světle šedě krystalována. Na její přední sešikmené stěně jsou umístěny všechny řídicí orgány. Ty jsou opatřeny třemi kovovými leptanými štitky a to: Vlevo štítek přepínače rozsahů s označenými polohami 100 pF, 10 nF, 1 MF, OTEVR., 1 Meg, 10 kΩ, 100 Ohmů. Nad ním jsou tři svorky s označením »Cx« a R_x «, kam připojujeme měřené součásti neb vnější normály. Uprostřed je poměrový potenciometr s velkou kruhovou stupnicí \varnothing 120 mm, s rozsahem 0—300⁰. Stupnice má dělení přes dvě dekády, 0,1 — 1 — 10, takže jednička je přesně uprostřed. Vpravo máme štítek potenciometru řídicího citlivost indikátoru. Potenciometr je sdružen se síťovým vypínačem. Nad ním je otvor se zapuštěným magickým okem.

Potenciometr poměrový má ukazatel z průhledného materiálu, opatřený rýskou a pevně spojený s knoflíkem. Přepínač rozsahů a potenciometr mají šipkové knoflíky. Skříň i její dno jsou opatřeny lisovaným žebrovaním, čímž je umožněno proudění vzduchu a chlazení elektronek. Dno má gumové nožky, znemožňující klouzání po pracovním stole. Vnitřek je řešen tak, aby montáž součástí byla účelná a jednoduchá a jednotlivé součásti jsou od sebe účinně stíněny. Sestává z vlastního chassis, na kterém jsou elektronky a většina součástí a z mezistěny. Obě části jsou opět lisovány ze železného plechu, bodově svářeny a šedě stříkány. Jako celek se pouze zasunou do drážek ve skříni. Přívod sítě je proveden 1,5 m dlouhou přívodní šňůrou s gumovou koncovkou.

Můstek lze použít na stř. síti napětí 120 i 220 V. Spolřeba proudu činí asi 27 W.

Použité elektronky:

1 × EF 22
1 × EBL 21
1 × EM 11
1 × AZ 11

ZAPOJENÍ A FUNKCE PŘÍSTROJE

Přístroj se skládá ze čtyř podstatných částí:

1. Vlastní měřicí můstek s poměrovým potenciometrem a přepínatelnými normály R a C,
2. Zdroj tónového kmitočtu (cca. 1000 c/s), jímž je oscilátor s elektronkou EBL 21.
3. Indikátor EM 11 se zesilovačem, osazeným elektronkou EF 22.
4. Síťový napájecí část, dodávající stejnosměrné napětí 250 V a stř. žhavicí napětí 6,3 V pro elektronky a 4 V pro usměrňovačku.

Ad 1. Jak již bylo řečeno, je podstatou přístroje »RC-70« Wheatsstoneův můstek. Tvoří jej drátový poměrový potenciometr R_m s pokud možno přesně lineárním průběhem, v našem případě hodnoty 250 Ohmů. Potenciometr je na obou krajích nastaven posuvnými odpory $R_o = 30$ Ohmů. Ty slouží k tomu, abychom dostali rozsah poměrového potenciometru do rozmezí 0,1 až 10, neboť jinak by byl od 0 do nekonečna, kde zvlášť na konci jsou dílky příliš stěsnány. Odpory R_o nastavují se na holovém přístroji při cejchování a každý tvoří 1/9 odporu potenciometru R_m . Běžec potenciometru R_m je uzemněn na kostru přístroje. Druhé konce odporů R_o jsou spojeny s měrnými odpory a kondensátory a současně s krajními svorkami R_x a C_x a to:

Ve větvi (a) jsou zapojeny měrné kondensátory (normály), přestože je vedena na svorku R_x . Ve větvi (b) jsou pak zapojeny měrné odpory, lžebaže vede na svorku C_x . Volnými konci jsou měrné kondensátory a odpory připojeny k příslušným kontaktům přepínače rozsahů P_r , jehož sběrací kontakt jde na střední svorku a současně se z něho odvádí měrné napětí do zesilovače.

Normály (odpory a kondensátory) mají následující hodnoty: $R_n 1$ —100 Ohmů, $R_n 2$ — 10 kO, $R_n 3$ — 1 megohm; $C_n 1$ — 88,5 pF, C_t (trimr) 30 pF, $C_n 2$ — 10 nF a $C_n 3$ — 1 MF. Tyto odpory a kondensátory jsou buď vybírané neb skládané na přesnou hodnotu. Hodnota $C_n 1$ jest úmyslně volena menší než 100 pF a překlenuta trimrem $C_t = 30$ pF. To z toho důvodu, že mezi spoji můstku a svorek vznikne malá kapacita, která se pak přičítá ke kapacitě normálu. Při cejchování se proměnným kondensátorkem nastaví celková kapacita i s kapacitou spoju na 100 pF, což bude ještě popsáno.

Normály jsou připevněny na isolační destičce pevně spojené s přepínačem rozsahů P_r , takže délky spojů a tím i škodlivé kapacity jsou minimální. Přepínač jest důkladně provedený, smykový, se stříbřenými kontakty a 24 polohami. Z toho jest použito pouze 7 poloh a mezi nimi je vždy jedna volná pro snížení vzájemných kapacit. Polohy přepínače, označené na leptaném štítku, souhlasí se zapojenými normály. V poloze »OTEVR« jest můstek otevřen, t. j. není k žádné jeho větvi nic připojeno a ke svorkám R_x a C_x můžeme připojovati jiné vnější normály. (Bude ještě popsáno).

Ad 2. Další částí jest zdroj střídavého napětí tónového kmitočtu cca 1000 c/s. Je to v podstatě lřibodový oscilátor, jehož oscilační obvod tvoří primární vinutí speciálního transformátoru T_g , překlenutého kapacitou $C_1 = 5000$ pF. Začátek primárního vinutí T_g vede přes odpor $R_1 = 50$ kO a paralelní kapacitu $C_2 = 500$ pF na pracovní mřížku oscilační elektronky. Odbočka primárního vinutí je připojena na katodu oscilační elektronky a konec vinutí uzeměn.

Poněvadž od oscilátoru požadujeme poměrně značný výkon, bylo použito elektronky EBL 21, která je zapojena jako trioda (spojením stínící mřížky s anodou), v jejímž anodovém okruhu je odpor $R_2 = 5$ kO/2 W. Obě diody elektronky zůstávají nevyužity a jsou spojeny s katodou.

Ze sekundárního vinutí transformátoru T_q odebírá se střídavé napětí pro napájení měrného můstku. Jeden konec vinutí je spojen přímo na jednu větev můstku v bodě (a), druhý konec pak přes kondensátor $C_3 = 5000 \text{ pF}$ na druhou větev v bodě (b). Ní oscilátor dává na sekundární straně transformátoru T_q za kondensátorem C_3 cca 25 V střídavého napětí v nezátženém stavu. Při zatížení měrným potenciometrem klesne toto napětí asi na 1 V.

Ad 3. Třetí částí je indikátor nuly se zesilovačem napětí. Poněvadž zbytkové napětí odebírané z měrného potenciometru je velmi nepatrné, neslačilo by použítí k indikaci přímo elektronky EM 11 a je nutno toto napětí zesílit. Jako zesilovače jsme použili elektronky EF 22 v pentodovém zapojení. Její pracovní mřížka je přímo spojena se sběracím kontaktem přepínače Pr a její svod tvoří odpor R_3 hodnoty 0,5 MO. V katodě elektronky zařazený odpor $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$, je blokován elektrolytem $C_4 = 25 \text{ MF}/12 \text{ V}$. Stínicí mřížka je napájena přes odpor $R_5 = 1 \text{ MO}$ a blokována k zemi svítkovým kondensátorem $C_5 = 0,1 \text{ MF}$. Pracovní anodový odpor elektronky R_6 má hodnotu 0,5 MO.

S anody elektronky EF 22 přivádí se zesílené napětí přes vazební kondensátor $C_6 = 10.000 \text{ pF}$ na mřížku magického oka EM 11. Pracovní mřížka indikátoru EM 11 je současně připojena na jeden konec potenciometru R_c , jehož druhý konec a střed je uzeměn. Potenciometr R_c , 0,5 až 1 MO, je upraven jako proměnný odpor, řídicí citlivost indikátoru, a je sdružen se síťovým vypínačem.

Stínítko EM 11 je napájeno přímo z plus pólu napětí 250 V ss. Oba vychylovací systémy indikátoru jsou spojeny a přes odpor $R_7 = 1 \text{ MO}$ vedou rovněž na kladný pól anodového napětí 250 V. Katoda elektronky se spojí přímo na chassis.

Ad 4. Poslední jest síťová napájecí část. Ta dává potřebné stejnosměrné anodové napětí 250 V pro elektronky předchozí části a střídavé napětí 6,3 V pro jejich žhavení. Hlavní součástí je síťový transformátor T_s . Jeho primární vinutí je upraveno pro 120 a 220 V střídavé sítě 50 c/s a přepínání se provádí přímo na svorkovnici.

Sekundární vinutí má $2 \times 300 \text{ V}$, jehož střed je uzeměn. Napětí usměrňuje elektronka AZ 11. Ta je žhavana ze 4 V vinutí transformátoru a z jednoho konce se odebírá stejnosměrné anodové napětí. Je filtrováno odporem $R_8 = 5 \text{ k}\Omega/2 \text{ W}$ a dvojitým elektrolytem C_7 $C_8 = 2 \times 16 \text{ MF}/450 \text{ V}$. Z tohoto filtru jsou napájeny všechny elektronky.

Síťové napětí vede se dvoupramenným kabelem Flexo přes dvupolový vypínač sdružený s potenciometrem R_c .

MONTÁŽ A ZAPOJOVÁNÍ STAVEBNICE PŘÍSTROJE »RC-70«

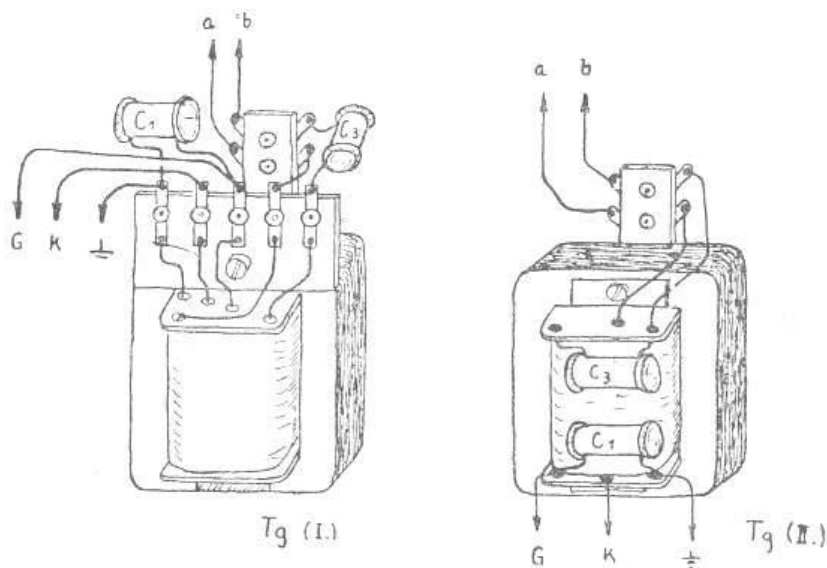
Při montáži i při zapojování postupujeme plánovitě, abychom si ušetřili pozdější zbytečnou práci s hledáním event. chyb, jako přehozené nebo dokonce vynechané spoje a podobné »maličkosti«.

Spájení provádíme důkladně a čistič pomocí dobré pasty nebo kalafuny rozpuštěné v lihu. Při tom vždy dbáme, aby každý spoj byl dobře prohřátý, cín vytvořil na spoji lesklou kuličku a fak se vyvarujeme t. zv. studených spojů. Studené spoje dříve nebo později rády upadnou, neb mají špatný kontakt a vytvářejí »záhadné zjevy«, které se pak velmi těžko hledají.

Většina součástí jako transformátory, elektronkové objímky a destičky jsou příšroubovány šroubky se závitem M3 s matickami, neb do závitů vyříznutých v chassis. Šroubky dobře utahujeme!

Nejdříve si namontujeme a zapojíme všechny součásti na vlastním chassis. Rozložení jich a zapojení bude popsáno podle náčrtu zapojovacího plánu, to jest v normální poloze chassis ve skříni.

První našroubovujeme elektronkové objímky do příslušných otvorů se závity. Prvým s levé strany je spodek usměrňovačky AZ 11, který příšroubovujeme ze spodu chassis,



RC-70. Zapojení tónového transformátoru

spájecími očky nahoru a klíčem otočeným nalevo. Druhým je klíčový spodek elektronky EBL 21, opět ze spodu, očky nahoru a klíčem vlevo. Třetí spodek je opět klíčový pro elektronku EF 22; je za oddělovací stěnou, přišroubován ze spodu, klíčem dopředu. Na zadním šroubu tohoto spodku je isolační destička se dvěma očky, odisolovaná perlinaxovou podložkou a přitažená maličkou. Poslední objímka je pro indikátor EM 11. Je úplně vpravo na šikmém nosniku, montována a opět zesponu, avšak spájecími očky dolů, pro snadnou výměnu EM 11 v hotovém přístroji. Mezi tento spodek a plech chassis přijdou malé isolační podložky, aby se zamezilo event. dotyku kontaktních per na kostru. Spodek jest klíčem doleva.

Nyní přišroubovujeme ní transformátor T_q pod chassis před objímku elektronky EBL 21, destičkou s očky sekundárního vinutí od elektronky. Pod pravý šroubek trať přichytíme opět destičku se dvěma spájecími očky, odisolovanou perlinaxovou podložkou, směrem k soklu elektronky.

Síťový transformátor připevníme 4 šroubky s podložkami na zadní stěnu chassis dopředu, svorkovnicemi vlevo.

Nad transformátor na chassis úplně vlevo vzadu umístíme šroubek s letovacím očkem pro přichycení filtračního elektrolytu C7 - C8 a zemící spoj. Na téže ploše vpředu mezi průchozími otvory (10 mm) bude isolační destička s úhelníkem, nesoucí odpory R2 a R8. Tato destička má 4 otvory, do kterých se zavléknou přívodní plíšky odporů, přistřížené na potřebnou délku a zahnou tak, aby R2 ležel dopředu, R8 pak stál vzhůru. Popsaná úprava je zřejmá ze zapojovacího plánu a nutno podotknout, že R2 se nesmí dotýkatí plechu chassis.

Máme-li všechny součásti správně namontovány, přikročíme k zapojování.

Nejprve provedeme zapojení síťové části a od ní pak budeme pokračovatí dále. Vezmeme filtrační elektrolyt C7 - C8 který má na minus jeden a na plus dva vývody. Připájíme jej minus vývodem na zemící očko vlevo nad transformátorem, pak jej položíme na chassis a připájíme oba plus vývody k nožkám spodku usměrňovačky AZ 11 a to tak, že jeden vývod bude spojen se žhavicí nožkou, druhý vývod upevníme na vedlejší nožce vlevo, která je prázdná. Na obě nožky žhavění AZ 11 připájíme dva stejné příslušně dlouhé kusy zapojovacího drátu, které předem zkroutíme, provlékneme průchozím otvorem k síťovému transformátoru T_s k očkům, označeným 0—4 na dolejší svorkovnici vlevo. Stejně upravíme dva dráty které připájíme jedním koncem na nožky anod usměrňovačky, provlékneme druhým průchozím otvorem a připájíme na hořejší svorkovnici T_s, na oba konce sekundáru 2×300 V.

Pak provedeme spoj se žhavicí nožky usměrňovačky (kde je připojen plus vývod elytu C8) na pravý konec odporu R8. Levý konec R8 spojíme s levým koncem R2 a odtud na druhý plus vývod filtračního elytu C7.

Z pravého konce odporu R2 vedeme spoj na anodovou nožku elektronky EBL 21, spojenou s nožkou stínící mřížky q2. Na přívod pracovní mřížky EBL 21 připojíme paralelně spojený odpor R1 = 50 kΩ s kondensátorem C2 = 500 pF jedním koncem, druhým pak na jedno očko isolační destičky před tímto spodem. S tohoto letovacího

očka vedeme spoj na začátek prim. vinutí trafo Tq. Druhý konec primáru Tq uzemníme a mezi začátek a konec vložíme kondensátor C 1 = 5000 pF. Odbočku primáru Tq připojíme na nožku katody na spodku EBL 21, kterou spojíme s nožkami obou nevyužitých diod.

Nyní propojíme žhavení elektronek EBL 21, EF 22 a EM 11, Z hořejší svorkovnice síťového transformátoru z bodu 6,3 V vedeme spoj na jednu žhavicí nožku EBL 21 a odlud postupně k dalším spodkům. Druhý spoj z bodu 0 provedeme současně jako zemící, pročež jej přímo na svorkovnici Ts spojíme se středem sekundáru 2×300 V, odtud je veden na zemící očko minus vývodu elektrolytu C 7- C 8, dále pak na druhou žhavicí nožku elektronky EBL 21 a ostatních elektronek.

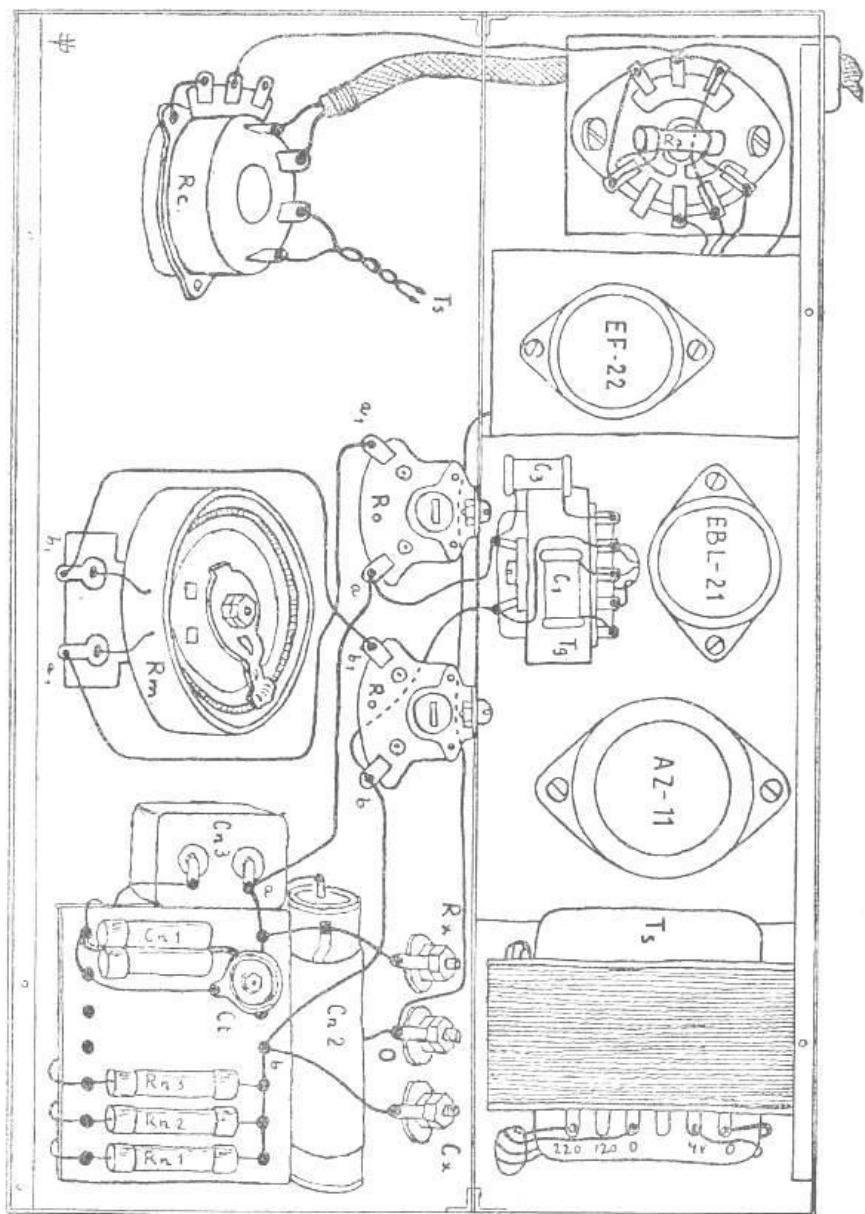
Jako další zapojíme zesilovač s elektronkou EF 22. Zemící spoj od žhavicí nožky elektronky protáhneme na zadní očko izolované destičky za spodkem EF 22. Na totéž očko s pravé strany připájíme katodový odpor R 4 a elektrolyt C 4. Druhými konci je připojíme k nožce katody a spoj protáhneme až na vývod brzdící mřížky q 3. Pak provedeme spoj kladného pólu anodového napětí od filtračního elektrolytu C 7, průchodem v oddělovací stěně a připojíme jej k prázdné nožce na patici elektronky EF 22, mezi nožkou q 1 a q 3. Z tohoto bodu vedeme pak odpory R 5 a R 6 tak, že připojíme k anodové nožce R 6, R 5 pak k nožce stínící mřížky q 2. K anodové nožce současně připojíme jedním koncem vazební kondensátor C 6, druhým koncem pak na přední očko izolované destičky. K nožce stínící mřížky k odporu R 5 přiletujeme jedním koncem kondensátor C 5, který druhým koncem připájíme na zadní očko izolované destičky, kam jsme prve protáhli zemící spoj.

Nyní nám zbývá poslední nožka na spodku EF 22 a to přívod řídicí mřížky. K ní připájíme jedním koncem mřížkový odpor R 3, jehož druhý konec vede k zemícímu očku. Na mřížkovou nožku naletujeme ještě spojovací drát délky 200 mm, jehož druhý konec zůstane zatím volný. Po sestavení přístroje bude připojen na střední svorku.

S předního očka izolované destičky, na které jsme předtím připojili jeden konec vazebního kondensátoru, vedeme spoj na řídicí mřížku následující elektronky EM 11.

Všechny spoje vedené k indikátoru, ať již žhavicí, anodový neb mřížkový, uděláme dostatečně dlouhé a volné, abychom při pozdější eventuální výměně EM 11 mohli ji vymoulti i se spodkem bez demontáže celého přístroje. Nejvýhodnější jest oba spoje žhavicí a plus pól anodového napětí vésti společně, spojené na několika místech navlečením krátkých kousků silnější špagety. Mřížkový spoj vedeme samostatně, pokud možno při zadní stěně chassis.

Na objímce indikátoru jest pouze jeden odpor, R 7, zapojený mezi nožkou stínítka a druhým koncem na oba vychylovací systémy jež jsou spojeny. Plus anodového napětí jest veden přímo na nožku stínítka. Od mřížkové nožky EM 11 půjde ještě jeden (volnější) spoj a to na jeden konec potenciometru Rc, a bude připojen až po sestavení.



RC - 70. Zapojevaci plánek 2 (vnitřek přístroje).

Tím jsme se zapojením chassis hotová. Zbývá ještě před zesunutím do skříně připájet na očka sekundárního vinutí transformátoru Tq dva spoje délky 200 mm, které nakonec přijdou na krajové odpory R₀ měrného potenciometru Rm.

Je výhodné před zasunutím zapojeného chassis do skříně předem vyzkoušet, zda jednotlivé části správně fungují. K tomu účelu spojíme přívodní žňuru přímo na primární svorky síťového transformátoru Ts a zapojíme do sítě. Střídavým voltmetrem změříme, zda je správné napětí na svorkovnici transformátoru Ts, pak na nožkách usměrňovací elektronky AZ 11, (na žhavicích nožkách 4 V a na nožkách anod 300 V proti kostře) a posléze na žhavicích nožkách ostatních elektronek, kde má být 6,3 V. Pak zasuneme usměrňovací elektronku AZ 11 do objímky a měříme stejnosměrným voltmetrem. Na filtračním elektrolytu C 8 naměříme asi 350 V (bod x), na druhém eflytu C 7 v bodě y bude napětí přibližně stejné, poněvadž zdroj zatěžujeme pouze měřicím přístrojem. Pak si ještě informativně zjistíme, zda je napětí na vývodech ostatních elektronek a to za odpory R 2, R 5, R 6 a R 7. Je-li vše v pořádku, zasuneme ostatní elektronky do příslušných objímek.

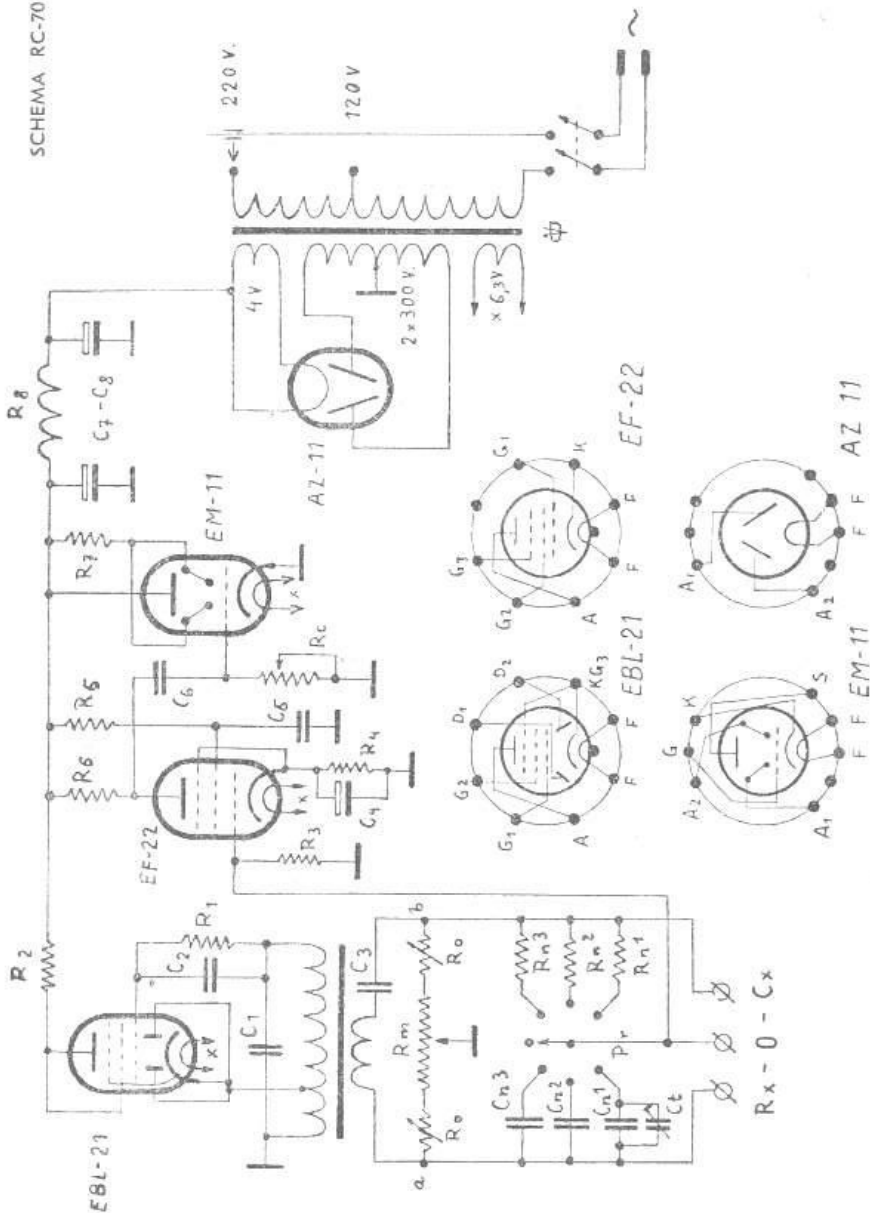
Po vyžhavení elektronek ozve se slaboučký pískavý tón ní oscilátoru. Připojíme-li k sekundárním vývodům transformátoru Tq sluchátka neb reproduktor, ozve se tón velmi intenzivně. Nepíská-li oscilátor, jsou pravděpodobně přehozeny spoje primáru trafo Tq, nebo je přerušen některý přívod.

Je-li oscilátor v pořádku, přezkoušíme zesilovač s indikátorem. Na nožku řídicí mřížky indikátoru připojíme provisorně jako svod odpor 1 MO, který druhým koncem spojíme se zemícím vodičem. Indikátor musí jasně svítit a jeho výseče jsou skoro úplně sevřené. Jsou-li výseče poněkud rozřepané, je to tím, že volný spoj řídicí mřížky elektronky EF 22 nabírá střídavé napětí indukci. Přibližujeme-li tento volný spoj k oscilačnímu trafo Tq, rozšíří se výseče a stávají neostřými. Sáhne-li prstem na obnažený konec tohoto spoje, musí se oko rozsvítit úplně a výseče jsou jasné a ostré.

Nereaguje-li řídicí mřížka EF 22, sáhne prstem na spoj řídicí mřížky indikátoru EM 11, při čemž se nám výseče rozevřou, ale podstatně slaběji. V tom případě nepracuje zesilovač a nutno zjistit závadu. Nereaguje-li mag. oko, nutno chybu hledat zde. Prohlédneme nejdříve přívody k mřížkám, zda nejsou někde nedopatřením uzezněny a pak přívody ostatních elektrod.

Pracuje-li správně oscilátor, zesilovač i indikátor, přeměříme si ještě napětí a proudy jednotlivých elektrod elektronek, které pro kontrolu uvádíme. (V našem případě bylo měření provedeno přístrojem Normamet).

Napětí ss:	na prvním elektrolytu C 8	340 V
	na druhém elektrolytu C 7	240 V
	na anodě oscilátoru EBL 21	140 V
Proudy ss:	celkový proud z usměrňovače	20 mA
	proud anody EBL 21 (trióda)	18 mA
	proud anody EF 22	0,4 mA
	proud síln. mřížky EF 22	0,15 mA
	proud indikátoru EM 11	1,2 mA



Po dohotovení a přezkoušení chassis přikročíme k sestavení dalších částí přístroje. Nejprve sestavíme a zapojíme přepínací agregát s měrnými odpory a kondensátory (normály).

Odpory $R_n 1$, $R_n 2$, $R_n 3$ a kondensátory $C_n 1$ a C_t jsou připájeny přímo na očkách základní pertinaxové desky. Kondensátor $C_n 2$ je v objímce z lesklé lepenky, přitážené pod základní deskou. Kondensátor $C_n 3$ připájíme k nosníčku na přepínací po levé straně základní desky.

Rozložení součástí a jejich spojení jest nejlépe zřejmo z výkresu »Rozsahová soupřava RC-70« a je tudíž zbytečno, je podrobněji popisovati.

Volné spoje označené R_x a C_x se po zašroubování agregátu do skříně zapojí k souhlasně označeným svorkám. Také spoj označený O od sběracího kontaktu přepínače připojíme na střední ze 3 svorek C_x-R_x .

Hotový agregát upevníme centrální maticí do skříně. Pod maticí přitáhneme leptaný šlítek a na osu připevníme šipkový knoflík tak, aby nám ukazoval příslušně zapnuté polohy (normály).

Při šroubování vývodních svorek nutno je zesponu odisolovati pertinaxovými kotoučky a mezi matky stáhnouti spájecí očka.

Nyní upevníme do skříně potenciometr řízení citlivosti indikátoru R_c , opět centrální maticí, pod kterou přitáhneme druhý šlítek se stupnicí a na osu připevníme šipkový knoflík tak, aby při vypnutém vypínači ukazoval na 0. Běžec potenciometru a jeho začátek spojíme a připojíme na kostru. Pak zasuneme do otvoru v zadní stěně skříně gumovou průchodku, kterou provlečeme přívodní šňůru; lu zajistíme proti vytažení uzlem v patičné vzdálenosti od volného konce. Tento konec šňůry uvnitř přístroje připájíme na příslušná očka síťového vypínače na potenciometru R_c .

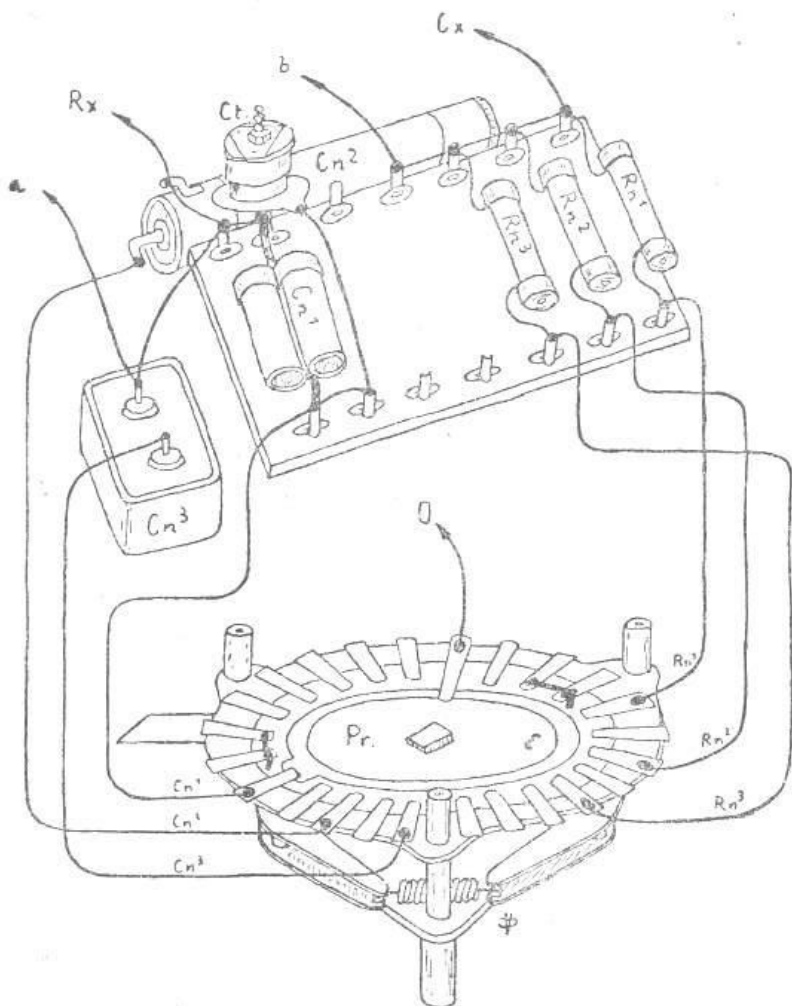
Poslední do skříně připevníme poměrový potenciometr R_m do otvoru uprostřed sesikmené přední stěny skříně. Upevní se také centrální maticí, která současně drží štít s měrnou stupnicí. Tento štít je mimoto ve středu přišroubován ke skříně též šroubky se závitem $M 2$ v jeho rozích.

Nyní vezmeme plechovou mezistěnu, v níž jsou vyvrtány dva otvory, do kterých připevníme šroubky $M 3$ s matickami oba posuvné krajové odpory R_o .

Tím máme namontovány všechny součásti a můžeme zasunouti chassis a mezistěnu do příslušných kolejniček ve skříně. Chassis se po zasunutí připevní dvěma šroubky $M 3$, které prochází zadní stěnou skříně a šroubují se do závitů v zadní stěně chassis.

Po zasunutí dílů do skříně provedeme ještě jejich vzájemné propojení: Volný spoj od řídicí mřížky elektronky EF 22 připájíme k očku střední svorky C_x-R_x a volný spoj od řídicí mřížky indikátoru EM 11 připojíme na horní konec potenciometru R_c .

Pak si připravíme dva stejné spoje délky asi 45 cm. Ty zkroutíme spolu a jednu stranou připájíme k očkům síťového vypínače na potenciometru R_c , druhou stranou



RC - 70. Sestava a zapojení přepínače rozsahů s normály.

pak k primáru síťového transformátoru T_s na spodní svorkovnici, na napětí, které u nás přichází v úvahu, to jest 120 neb 220 V.

Nyní zbývá již jen zapojení poměrového potenciometru R_m a jeho krajových odporů R_o . Na jeho správném zapojení záleží, proložte přehození spojů způsobí obrácený chod vůči stupnici.

Položíme si celý přístroj před sebe panelem dolů a nižší stranou k sobě, jak je vyznačeno na nákrese »Pohled zespodu«, připravíme si příslušné spoje a zapojujeme: Nejprve volné konce od sekundáru trafo T_g , které jsme předem provlékli mezerou pod mezistěnou, a to na pravé konce obou krajových odporů R_o , namontovaných na mezistěně. Tyto kraje jsou na výkrese i ve schématu označeny písmeny a—b. Z bodu a vedeme pak další spoj na rozsahový agregát na spoj, vedoucí ke svorce R_x . Z bodu b vedeme stejný spoj na agregát, připojený ku spoji vedoucímu na svorku C_x .

Z levých krajů posuvných odporů R_o vedeme dva spoje k poměrovému potenciometru R_m a to: Od pravého odporu k levému očku potenciometru a od levého odporu naopak k pravému očku R_m .

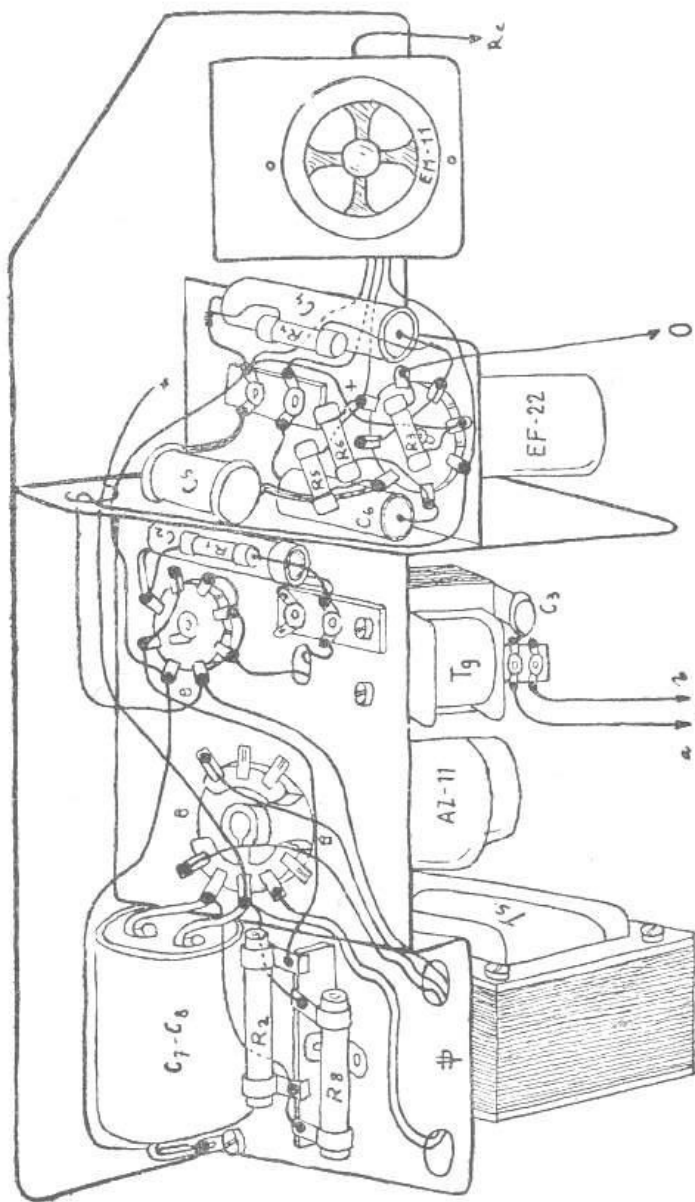
Tím jsme úplně hotovi se zapojováním a po překontrolování všech spojů můžeme přikročit k vyzkoušení celého přístroje a jeho cejchování.

CEJCHOVÁNÍ PŘÍSTROJE »RC-70«

Celé cejchování se omezuje na správné nastavení souběhu potenciometru R_m se stupnicí na leptaném štítu a na nastavení správné kapacity normálu $C_n 1$ pomocí trimru C_f . K nastavení souběhu stupnice potřebujeme dva co možno přesně stejné odpory (s tolerancí 1%) a 1 odpor, který je (rovněž pokud možno přesně) 1/10 jednoho z prvních odporů. Na jejich hodnotě nikterak nezáleží, volíme však raději zaokrouhlené hodnoty jako 1000 Ohmů, 10 kO, 100 kO a pod. a podle nich třetí odpor hodnoty 100 Ohmů, 1 kO, neb 10 kO. K nastavení normálu $C_n 1$ potřebujeme přesný kondensátor 100 pF, nejlépe keramický z výprodejního materiálu s označením 1%.

Přístroj zapojíme na síť a oločením pravého knoflíku (potenciometru R_c) úplně doprava zapneme a nastavíme největší citivost indikátoru. Přepínač rozsahů nastavíme na polohu »OTEVŘ«.

Nyní připojíme oba stejné odpory ke svorkám tak, že jeden je mezi svorkami R_x , druhý mezi svorkami C_x . Krajové odpory R_o nastavíme na střed, abychom měli možnost regulace na obě strany. Pak vyhledáme otáčením ukazatele potenciometru R_m rovnováhu můstku. Otáčíme zvolna a stále pozorujeme magické oko, až dostaneme nejužší výšeče. Máme-li toto minimum opravdu co nejpečlivěji nařizeno, povolíme opatrně červík knoflíku ukazatele, který nastavíme (aniž bychom při tom hnuli osou) tak, aby



RC - 70. Zapořovací plánek 1 (chassis zesponu).

ryška se kryla s čárkou pod číslicí 1 uprostřed stupnice, načež červíka opět opatrně přitáhneme. Tím jsme stanovili rovnováhu obou větví můstku uprostřed, zatím bez ohledu na krajní body 0,1 a 10.

Krajní polohy stupnice nastavujeme pomocí dvou odporů, vzájemných hodnot 1:10. Pro snazší manipulaci spájíme oba odpory jedním koncem k sobě, neb ještě lépe uděláme si pertinaxovou destičku se třemi nožkami rozteče 19 mm, mezi které odpory připojíme, abychom mohli oba odpory 1:10 zasunovat do svorek Cx-Rx sličkově oběma směry. Nejprve zasuneme odpory tak, aby odpor řádu 10 byl mezi Cx a odpor řádu 1 mezi Rx. Ukazatel nastavíme ryskou přesně na čárku 0,1 a nyní pomocí šroubováku opatrně posouváme příslušným krajovým odporem R_0 . Při otáčení jedním směrem budou se výšeče oka zmenšovat, až docílíme opět minima. Po nastavení zasuneme odpory 1:10 do svorek Cx-Rx **obráceně**, ukazatel přetočíme do druhé krajní polohy na čárku 10 a nastavíme opět minimum indikátoru druhým okrajovým odporem R_0 .

Nastavením bodu 10 porušili jsme však poněkud rovnováhu můstku a tím i nastavení bodu 0,1, které musíme opět přehozením odporů 1:10 a novým nastavením prvního odporu R_0 , upravit. Tím opět, ale již méně »rozházíme« bod 10 a nutno jej stejným způsobem opravit. To opakujeme několikrát, až nám souhlasí přesně oba dva krajní body stupnice. Nyní ještě zkontrolujeme pomocí odporů 1:1 zda souhlasí střed stupnice; jinak bychom museli rozdíl opětovným nastavením všech tří bodů opravit.

Nyní, když máme souběh měrného potenciometru se stupnicí zajištěn, zbývá ještě nastavit správnou kapacitu normálu pro I. kapacitní rozsah 10 pF až 1 nF.

Přepínač rozsahů dáme do polohy »100 pF« a do svorek Cx připojíme keramický kondensátor 100 pF 1%. Ukazatel potenciometru R_m nastavíme na střed stupnice na značku 1 a nyní nastavujeme trimr C_1 , až mačické oko ukáže přesné minimum. O správném nastavení se přesvědčíme pootočením ukazatele na obě strany, při čemž se musí výšeče oka rozvírat.

Tím jsme s nastavením můstku hotovi. Oba okrajové odpory R_0 a trimr C_1 zajistíme zakápnutím lakem, asfaltem či pečecním voskem. Po zajištění přišroubujeme spodní víko s gumovými nožkami šroubky M3, pro které jsou v úhelnících skříně již vyříznuté závit. Tím je přístroj »RC-70« úplně hotov a připraven k měření.

Práce s tímto přístrojem je nadmíru jednoduchá. Omezuje se na připojení měřené součástky, nastavení přepínače, vyhledání minima indikátoru otáčením ukazatele a odečtení naměřené hodnoty na stupnici. Postupujeme takto:

Měřené odpory zapojujeme do svorek Rx, kapacity do svorek Cx. Známe-li alespoň řádově hodnotu odporu neb kondensátoru, nastavíme přepínač rozsahů na příslušný rozsah a měříme. Máme-li však změřit odpor, jehož hodnotu ani řádově neznáme, nastavíme si přepínač na střední rozsah, to jest na 10 kΩ; nyní pozvolným otáčením ukazatelem a pozorováním mag. oka hledáme minimum. Zmenšují-li se výseče indikátoru ku př. otáčením k levému konci stupnice aniž by se nám však podařilo najít minimum, znamená to, že odpor má menší hodnotu nežli 1 kΩ, to jest 1/10 z 10 kΩ. Nulno proto přepínač dát do polohy 100 Ohmů, kde se už na určitém bodu stupnice minimum projevívá. Poté pouze odečteme údaj pod ryskou na stupnici a znásobíme jím údaj polohy přepínače.

Příklad: Měříme odpor při nastavení přepínače na 100 Ohmů a odečteme na stupnici údaj 0,35. Znásobíme 100 Ohmů 0,35 a dostaneme, že měřený odpor má hodnotu 35 Ohmů.

Při jiném měření zjistíme na stupnici poměr 2,2 při poloze přepínače 1 MO pro minimum. Znásobením vyjde neznámý odpor hodnoty 2,2 MO.

Úplně stejně postupujeme při měření kondensátorů, jen přepínač nastavujeme na polohy kapacitních normálů. Při měření malých kapacit pod 100 pF nutno od naměřené hodnoty odečíst vnitřní kapacitu můstku, která je při pečlivém provedení spojů podle návodu asi 3 pF. Ta hraje roli pouze při měření nejmenších kapacit a směrem k hodnotám větším se stále zmenšuje, takže na 100 pF se již vůbec neuplatňuje.

Příklad: Při neznámém kondensátoru vyjde nám na stupnici poměr 0,25 na rozsahu 100 pF. Ježto $100 \times 0,25$ jest 25 pF, po odečtení kapacity můstku 3 pF, dostaneme hodnotu 22 pF.

Důležité je správné odečítání na stupnici, jejíž dělení není vzhledem k nelineárnímu průběhu všude stejné a to:

Mezi body 0.1 — 0.2 — 0.3 a 0.4 jest vždy po 10ti dílcích, to jest po 1/10. Mezi body 0.4 až 1 po 5ti dílcích značících 2/10. Od 1 do 2 jest 20 dílků po 5/100 čili po 1/2 desetiny. Mezi body 2 — 3 — 4 je po 10ti dílcích t. j. 1/10, mezi body 4 — 5 — 6 po 5ti dílcích á 2/10 a mezi body 6 až 10 po dvou dílcích t. j. po 1/2.

Celými čísly jsou na stupnici vyznačeny tyto body: 0.1 — 0.2 — 0.3 — 0.4 — 0.5 — 0.6 — 0.8 — 1 — 1.5 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 8 a 10.

Kdo by chtěl přístrojem měřit kapacity větší nežli 10 MF, musí do svorek Rx připojit jako normál svílkový kondensátor příslušně větší kapacity. Připojíme-li ku př. kon-

densátor kapacity 10 MF, dostaneme rozsah 1 až 100 MF. Přepínač je přitom v poloze »OTEVŘ«.

Při měření velkých kapacit jedná se zpravidla o kondensátory elektrolytické, které mají poměrně značný svod, což znamená, že se tu uplatňuje paralelní odpor ohmický. To má za následek, že indikátor ukáže minimum jen velmi nezřetelně, nebo minima nedosáhneme vůbec. Proto při měření elektrolytů nutno zapojit do serie s normálem měnitelný odpor (reostat) asi 30—50 Ohmů, kterým vyrovnáme tak zv. ztrátový úhel měřeného kondensátoru. »Sladěním« ukazatele potenciometru R_m a tohoto rheostatu obyčejně dostaneme ostré minimum.

Při měření tlumivek, transformátorů a pod. vinutí se železným jádrem připojíme normál indukčnosti do svorek Cx při poloze přepínače »OTEVŘ« a postupujeme stejně jako při měření odporů nebo kapacit. Také zde se uplatňuje ztrátový odpor, hlavně ohmický odpor vinutí. Ten vyrovnáme zase proměn. odporem v serii s normálem, hodnoty asi 30 kO. Jeho počáteční odpor musí být co nejmenší. Můžeme však nelze měřit vř cívky řádu mikrohenry, pro něž je použitý kmitočet 1000 c/s příliš nízký.

Přístroj nám umožní též vyhledávání stejných odporů, kapacit a indukčností, eventuálně upravení jejich hodnot přesně podle příslušného vzorku. Při otevřené poloze přepínače připojíme normální součást do jedné, tu která pak má být podle ní upravena do druhé svorek Cx-Rx. Poté nastavíme ukazatel přesně na střed stupnice na značku 1 a nyní srovnávanou součást upravujeme podle druhu (škrábáním, ubrušováním a pod.) na přesně stejnou hodnotu se součástí normální.

Každý amatér, který bude s popsaným přístrojem pracovat, najde ještě řadu jiných použití jeho ve své dílně jako měření převodu transformátorů a j. a j.

Všem pracovníkům, kteří přečetli bedlivě celý návod a postaví si můstek »RC-70«, přejeme v jejich práci hodně zdarů!

HODNOTY SOUČÁSTEK

a význam symbolů ve schématu.

R1	odpor	50 kΩ/0,5 W
R2	"	5 kΩ/2 W
R3	"	0,5 MΩ/0,5 W
R4	"	10 kΩ/0,5 W
R5	"	1 MΩ/0,5 W
R6	"	0,5 MΩ/0,5 W
R7	"	1 MΩ/0,5 W
R8	"	5 kΩ/2 W
C1	kondens.	5000 pF
C2	"	500 pF
C3	"	5000 pF
C4	"	25 MF/12 V
C5	"	0,1 MF
C6	"	10 nF

C7-C8	elektrolyt	2×16 MF/450 V
Rn1	normál. odpor	100 Ohmů 1%
Rn2	"	10 kΩ 1%
Rn3	"	1 MΩ 1%
Cn1	normál. kondens.	88,5 pF 1%
Cn2	"	10 nF 1%
Cn3	"	1 MF 1—2%
Cf	dořad. kondens	3—30 pF
Rm	poměrový potenciometr	250 Ω drát.
Ro	2 proměnné odpory	à 30 Ohmů
Rc	potenc. s vypínačem	0,5—1 MΩ
Pr	přepínač rozsahů	
Ts	síťový transformátor	
Tg	transformátor tónový	

SEZNAM SOUČÁSTEK

pro stavebnici měrného můstku »RC-70«.

- 1 kovová krystalovaná skříň
- 1 spodní stěna
- 1 kovové chassis
- 1 síňící mezistěna
- 1 leptaný šlítek měrný
- 1 leptaný šlítek přepínače
- 1 leptaný šlítek potenciometru
- 1 knoflík s ukazatelem
- 2 knoflíky šípkové
- 1 gumová průchodka
- 1 kroužek k indikátoru
- 3 přístrojové svorky
- 1,5 m přívodní šňůry se zástrčkou
- 2 elektronkové objímky T
- 2 elektronkové objímky klíčové
- 2 isolač. destičky s 2 očky
- 1 isolač. destička s 4 očky
- 1 základní destička přepínače
- sada šroubků, maticek, podložek a příslušný zapojovací drát.

Odpory:

- 2 kusy 5 kΩ/2 W
- 1 " 10 kΩ/0,5 W
- 1 " 50 kΩ/0,5 W
- 1 " 0,5 MΩ/0,5 W
- 3 " 1 MΩ/0,5 W

Kondensátory:

- 1 kus 500 pF
- 2 " 5000 pF
- 1 " 10000 pF
- 1 " 0,1 MF
- 1 " 25 MF/12 V
- 1 elektrolyt 2×16 MF/450 V

Normály:

- 1 odpor 100 Ohmů 1%
- 1 " 10 kΩ 1%
- 1 " 1 MΩ 1%
- 1 kondens. 88,5 pF 1%
- 1 " 10 nF 1%
- 1 " 1 MF 1—2%
- 1 trimr Tesla 30 pF
- 1 měrný potenciometr 250 Ohmů
- 2 posuvné odpory 30 Ohmů
- 1 potenciometr s vyp. 0,5—1 MΩ
- 1 přepínač normálů 24 poloh.
- 1 síťový trafo podle popisu
- 1 nf trafo podle popisu

Elektronky:

- 1 kus EF 22
- 1 " EBL 21
- 1 " EM 11
- 1 " AZ 11

O B S A H:

Úvod	3
I. Elektrické veličiny	3
II. Měřicí přístroje	5
Značky na měřicích přístrojích	7
Měření napětí	8
Měření proudu	9
Měření odporů	10
Měření výkonu	11
Měření střídavých veličin	11
III. Amatérské měřicí přístroje	12
A. Jednoduchý ss voltmetr	12
Montáž	12
Zapojování	13
Měření	14
B. Universální galvanometr	15
1. Galvanometr E 50	16
2. Doplnovací měrná skříňka	19
Postup montáže	21
Cejchování	22
Měření	26
" stejnoseměrného napětí	27
" střídavého napětí	27
" stejnoseměrného proudu	27
" střídavého proudu	27
" odporů a zkoušení obvodů	28
C. Můstek na měření kapacit a odporů	29
Úvod	29
Podstata měrného můstku	30
Technické provedení můstku RC 70	31
Zapojení a funkce přístroje	31
Montáž stavebnice	34
Zapojení tónového transformátoru	34
Zapojovací plánec (vnitřek přístroje)	37
Schema	39
Sestava a zapojení přepínače	41
Cejchování přístroje	42
Zapojovací plánec (chassis zesponu)	43
Měření přístrojem	45
Hodnoty součástek	47
Seznam součástek pro stavebnici RC 70	47



PRAHA II, Jindřišská 12
MLADÝ TECHNIK



PRAHA II, Jindřišská 4
přijímače, zesilovače,
elektrické přístroje



PRAHA II, Václavské 25
elektro-radio materiál
osvětlovací tělesa

ELEKTRA

národní podnik — prodejna I-01

Prodejna radiotechnického a elektrotechnického zboží
PRAHA II, VÁCLAVSKÉ NÁM. Č. 25

TELEFONY: 316-19, 274-09, 262-76, 365-33, 244-91.