

SDĚLOVACÍ TECHNIKA

MĚSÍČNÍK PRO ROZVOJ A PRAXI SDĚLOVACÍ ELEKTROTECHNIKY

PŘÍLOHA K Č. 12. ROČNÍK IV., 1956

AVOMET METRA

J. SMOLA

Úvod

Universální voltampérmetr Avomet je dnes nejrozšířenějším přístrojem pro přímá měření ve velmi širokém rozsahu stejnosměrných a střídavých proudů i napětí. Osvědčuje se v provozu, na montáži i v laboratořích. Jeho rozsáhlý měřicí obor je ještě účelně doplněn zvláštním příslušenstvím, které umožňuje měřit Avometem stejnosměrný proud od 0,0012 do 120 A, střídavý proud od 0,0012 do 300 A (sítového kmitočtu), stejnosměrná napětí od 60 mV do 1200 V, střídavá napětí od 1,2 do 1200 V. Avomet se stal nejčastěji používaným měřicím přístrojem naší slaboproudé i silnoproudé elektrotechniky. Aby byl dokonalým pomocníkem, je třeba mu věnovat určitou péči. Ta spočívá především ve slušném zacházení jak mechanickém, tak i elektrickém. Přístroji škodí mechanické nárazy, prach, nečistota, vlhkost, prudké střídání teploty a především nadměrné elektrické přetěžování. Přístroj obsahuje systém s otočnou cívkou (typ Depréz D'Arsonval), který je velmi robustní a snese krátkodobě až desetinásobné přetížení, podle údajů výrobce. Nesmíme však počítat s tím, že se nám při přetížení vždy podaří vypnout přístroj tak rychle, abychom zabránili poškození [7].

Technická data Avometu

Z technických charakteristik přístroje [1], z nichž některé jsou málo známé, jsou důležité jmenovitě přesnosti jednotlivých rozsahů. Stejnosečné proudové i napětové rozsahy mají přesnost $\pm 1\%$, střídavé proudové i napětové rozsahy mají přesnost $\pm 1,5\%$ při sinusovém napětí či proudu kmitočtu 50 c/s. Přístroj je frekvenčně kompenzován tak, aby při měření proudů a napětí do 120 V sinusového průběhu a frekvence 50 c/s až 10 kc/s byla chyba měření menší než $\pm 3,5\%$. Pro měření jiných než sinusových průběhů napětí a proudů se přístroj nehodí, protože chyby tím vzniklé nelze snadno určit a mohou dosáhnout řádově 10 % i více [8]. Teplotní kompenzaci je vyloučen vliv změny teploty na přesnost měření v rozsahu $20 \pm 10^\circ\text{C}$. Setrvačná hmota a mechanické i elektrické tlumení otočného systému jsou voleny tak, že vlastní rezonance systému leží pod 20 c/s a doba ustálení ručky na 1 % plné výchylky je asi 0,9 s. Zkušební napětí je 2 kV.

Přístroj má celkem 34 rozsahy, které se volí třemi přepínači. Pravým přepínačem označeným V se volí jeden z 8 rozsahů napětí, levým označeným A jeden z 8 rozsahů proudů. Středním přepínačem se přepíná obor měření. Střední přepínač má 4 polohy: proud a napětí stejnosměrné a proud a napětí střídavé. Další dva rozsahy stejnosměrného napětí (60 a 300 mV) jsou vyvedeny na zvláštní zdířky. Všechny obvody jsou dimenzovány pro trvalé zatížení, pouze střídavý rozsah 6 A se má zatěžovat krátkodobě. Všechny střídavé i stejnosměrné rozsahy napětí (mimo 60 mV ss) zatěžují měřený obvod proudem: max. 1 mA (t. j. 1000 Ω/V). Příložené tabulky 1 až 3 umožňují respektovat vliv zapojení Avometu do obvodu (t. j. vlastní spotřebu přístroje a po případné změnu parametrů obvodu připojením Avometu).

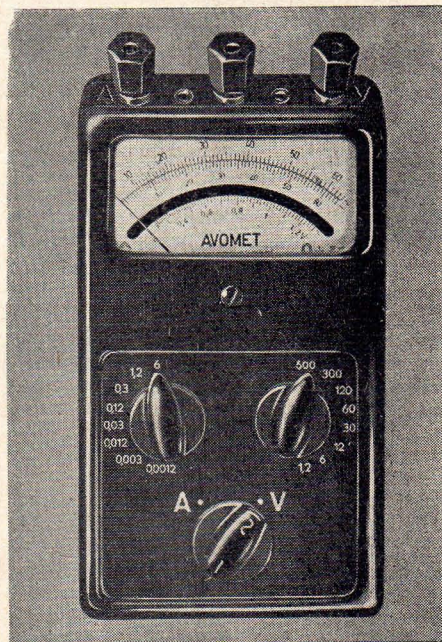
Obory a rozsahy přímých měření jsou označeny na svorkách a přepínačích přístroje. Avomet umožňuje ještě řadu dalších měření, která jsou popsána v literatuře [1], [9], [10], [11], [12], [13], [14] a [15].

Údržba

Udržování přístroje, mimo již uvedené zásady o používání a zacházení s přístrojem, je minimální. Spodní kryt přístroje je dělený a část s vyznačenými schématy je po odšroubování centrálního šroubu odnímatelná a umožňuje přístup ke kontaktům otočných přepínačů. Kontakty je třeba občas čistit trichlorem či tetrachlorem a po případě lehce potřít speciálním olejem nebo vaselínou na kontakty, která snižuje přechodový odpor a zmenšuje vydírávání ploch kontaktů. Vaselina či olej musí být chemicky neutrální.

Přesnost přístroje podléhá průběhem doby různým vlivům. Nejen při používání, ale i při skladování přístroje mohou nastat změny konstant obvodů Avometu. Ty bývají způsobeny buď samovolným přerušením nebo přetížením odporů (častá závada), či posunutím pracovního bodu usměrňovače nebo zmenšením magnetické indukce ve vzduchové mezeře (méně pravděpodobné).

Většina odporů Avometu jsou přesné přístrojové odpory z jemných manganinových, konstantanových nebo měděných drátů. Jejich samovolné přerušování může být způsobeno vlivem prnutí drátů, které vzniká při navíjení.



Především jde o vlnité odpory napětových rozsahů a opravných obvodů měřicího systému a usměrňovače. Většina poruch proudových rozsahů vzniká přetížením. Často se tak stává při měření v obvodech s vysokofrekvenčními proudy. Tam je třeba chránit Avomet vhodnou kapacitou, připojenou paralelně ke svorkám přístroje. Poruchy obvodu Avometu a jejich odstranění budou popsány dále. Přerušování činnosti některého rozsahu objevíme snadno, méně snadno objevíme při používání změnu přesnosti. Jedině periodickou kontrolou přesnosti přístroje můžeme často zabránit zbytečné práci, která vzniká nepřesností přístroje při měření a jejich rutinnímu opakování se správně ukazujícím přístrojem. Pracovní časová ztráta se obvykle ještě zvětšuje hledáním závady v měřeném předmětu a ne v měřidle.

Výsledky periodické kontroly jednotlivých přístrojů, t. j. zjištění odchylky a provedení opravy zapisujeme do karet.

Kontrolu cejchování provádíme zjištěním přesnosti průběhů stupnic Avometu (t. j. nejméně 3 měření). Měření provádíme pro hodnoty stoupající i klesající. Srovnání výsledku měření nám umožňuje určit změnu tření v ložiskách a tím i jejich stav. U zbývajících rozsahů pak již kontrolujeme jen přesnost plné výchylky

měřidla. Postup kontroly a použité přístroje jsou popsány v odst. „Hledání chyb, opravy a seřízení.“ Kontrola cejchování a záznam o ní se má provádět nejen ve všech podnicích s větším počtem přístrojů, ale i tam, kde je přístrojů jen několik a používá se jich jen občas.

Veškeré závady má odstraňovat podle možnosti jen zkušený přístrojař. Přístroj lze otevřít pouze na bezprašném místě, bez železných pilin a s dobrým osvětlením. Celý přístroj, hlavně však součásti měřicího systému, se nemají nechávat volně ležet, aby se na ně mohlo prášit, nebo aby se mohly jinak poškodit. Prach a nečistota jsou největším nepřítelem přístroje a proto je žádoucí nechávat přístroj otevřený jen po dobu, kdy se na něm pracuje. Nástroje používáme pokud možno z nemagnetických materiálů. Jednotlivé součásti ukládáme do bakelitových krabiček, nebo skleněných misek anebo je alespoň balíme hodinářským způsobem do hladkého papíru.

Otevření Avometu:

1. Sejmeme spodní kryty a vyšroubujeme 6 šroubů *a* (viz obr. 14).
2. Sejmeme knoflíky přepínačů a otevřeme přístroj.

Možné poruchy a opravy [2], [4], [5] a [6]

Mechanické poruchy měřicího systému

Často se stává, že přístroj v některém místě stupnice drhne, což poznáme snadno podle nerovnoměrného pohybu ručky, nebo tím, že ručka zůstává viset a pod. Příčinou této závady bývá zborcený lak stupnice, chlup u papírových stupnic, drhnutí rámečku měřicího systému o pilinku ve vzduchové mezeře, poškozená ložiska otočného systému, rez nebo nečistota v ložiskách, přesmyknutý přívodní vlásek.

Drhnutí o stupnici odstraníme snadno. Při odstraňování pilin ze vzduchové mezery se nejlépe osvědčuje ocelová jehla. Magnetické pole indukované v jehle z magnetické oceli vytvoří zvětšení gradientu u jejího hrotu, které nám umožní dopravit pilinu do místa, odkud ji můžeme sebrat pinsetou. Jiná možnost jak odstranit pilinu je použití izolační lepicí pásky připevněné na vhodném nástroji, kterým piliny ze vzduchové mezery setřeme. Přesmyknutý nebo pokrivený vlásek se někdy podaří srovnat v namontovaném stavu, jinak lze nejlépe vlásek vyrovnat na bílém papíře či matnici (po případě prosvětlené) dvěma pinsetami.

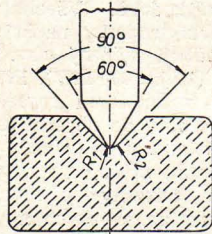
Oprava hrotů je obtížná a lze ji provést jen po demontáži hrotu z rámečku (t. j. rozebrat otočný systém, odlepí příruby hrotů od vinutí, vylišovat hroty z přírub) v hodinářském soustruhu. Přebroušení a přešetření kontrolujeme na př. monokulárním mikroskopem se zvětšením 25krát až 100krát. Neznáme-li zvětšení, zjistíme je přibližně takto: do pracovní roviny položíme kalibrovaný drát, jehož průměr změříme mikrometrem. Vedle do téže roviny položíme milimetrové měřítko, na které se díváme přímo pouhým okem. Potom překryváním obrazů levého a pravého oka, až splývají, odečteme na měřítku sílu drátu. Jestliže jsme použili drátu o průměru 0,1 mm a odečteme na měřítku 7,5 mm, je zvětšení 75krát.

Po malém cviku se nám to snadno podaří. Téhož principu použijeme i při kontrole poloměru a kuželovitosti hrotů. Je-li na př. požadovaný poloměr 50 μ , pak při zvětšení 75krát je kontrolním obrazem kroužek o průměru 7,5 mm. Mikroskopem

zároveň zjišťujeme jakost přešetření povrchu hrotů.

Nejlépe se hodí ke kontrole profilu hrotů profilový projekční mikroskop, který ovšem často není po ruce a nezjistíme jím jakost povrchu. Lze jej ovšem snadno improvizovat, buď z deskového fotoaparátu s dvojitým výtahem, nebo i z fotografického zvětšovacího přístroje, kde ovšem nedosáhneme tak velkých zvětšení. (Při $f=5$ cm je běžné zvětšení 10krát, při promítání na zeď, úměrně se vzdáleností, větší.)

Při opravě musí zůstat zachována kuželovitost i radius hrotu. Obvykle však při ručním opracování bez kontroly profilu mikroskopem dochází ke zvětšení kuželovitosti (úkosu) a ke zmenšení radiusu, což sice zmenšuje tření systému, ale snižuje jeho robustnost a po čase se projeví naopak zvětšeným třením vlivem deformace hrotů. Stejně nepříjemně se projevuje zvýšené tření v ložiskách vlivem rzi nebo nečistoty. Pokud prohlídka hrotů pod mikroskopem ukáže, že hroty nejsou deformovány ani zrezivělé, pak věnujeme svou pozornost kamenům. Ty nejprve vyčistíme vhodně seříznutým brslenovým dřívkem, namočeným do rozpustidla (nejlépe do lihu). Pak prohlédneme povrch pod mikroskopem. Profil poloměru a kuželovitost můžeme jednoduše kontrolovat jen sejmutím otisku do vosku. Přesnost této metody je malá; v továrnách se k tomuto účelu užívá speciálních sférometrů. Jestliže máme podezření na porušený povrch kamene (prasklina a pod.), můžeme povrch „ohmatat“ přejížděním ocelovou jehlou. Rozmezí, v nichž se pohybují kuželovitosti a radiusy běžně užívaných hrotů a kamenů, udává obrázek č. 1.



Obr. 1. Kuželovitost a poloměr hrotů a kamenů.

$$\frac{R_2}{R_1} = 3 \pm 5, R_1 = 0,04 \pm 0,02, \\ R_2 = 0,15 \pm 0,05$$

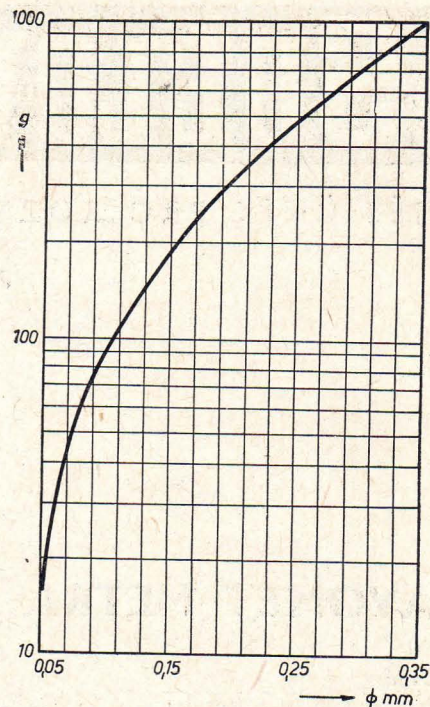
Nadměrné tření v ložiskách, způsobené libovolnou závadou, zjistíme při kontrolním cejchování. Při zvětšování výchylky dostáváme na kontrolním přístroji výchylku větší a při zmenšování naopak menší.

Měřicí systém může mít ještě jiné závady, na příklad dopružování vlivem únavy spirálních vlásků.

Podobný úkaz vznikne špatným připájením (cín roztekly po pružině) nebo vyhrátím vlásku. Jinou závadou je přerušené vinutí rámečku. Pak není-li přerušení viditelné, můžeme zkusit štěstí a výbojem kondensátoru (nebo přiložením napětí vhodné nastavitelného) místo přerušení svařit. Jestliže se nám uvedený zárok nepovede, je nutno rámeček převinout.

3.2. Převinění rámečku

Po odlakování odvíreme staré vinutí, při čemž zároveň odvíjecím počítadlem stanovíme počet závitů a změříme sílu holého drátu mikrometrem. Vinutí lze také opatrně seříznout a na jedinou odstranit z rámečku. V takovém případě závitů přeríznutého vinutí spočítáme pod lupou. Avomet má 240 závitů z měděného smaltova-

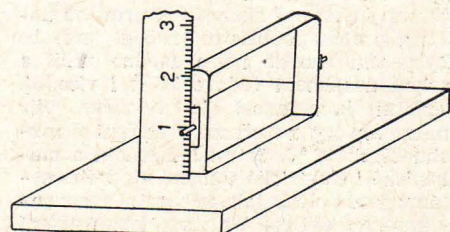


Obr. 2. Přípustný tah drátů při navíjení.

ného drátu \varnothing 0,06 mm. Rámeček, je-li deformován, vyrovnáme, plochy pro vinutí izolujeme jednou vrstvou laku nebo cigaretovým papírem. Jako trn pro navíjení rámečku poslouží hranolek vyříznutý z gumy či korku s malým přesahem, aby na něm rámeček dobře při navíjení držel. Přesah nesmí být však příliš velký, aby nenastala deformace rámečku. Dráty slabší než průměr 0,07 je vhodné vinout pod lupou na navíječe opatřené počítadlem závitů a stavitelným tahem navíjeného drátu. Dovolný tah je uveden v diagramu na obr. 2. V nouzi lze vinout i ručně na jednoduchých zařízeních bez počítadla. Pak ovšem nelze stanovit tah a jakost vinutí záleží naručnosti a citu navíječe. Dráty slabší než \varnothing 0,07 obvykle na začátku i na konci nastavujeme silnějšími vývody. Vinutí upevníme šelakem, v nouzi bakelitovým nebo acetonovým lakem, a sušíme v thermostatu při 80 °C tři hodiny. Pak nalepíme Umakolem nebo šelakem na cívku příruby s hroty a vystředíme je.

Středění hrotů a pájení vlásky

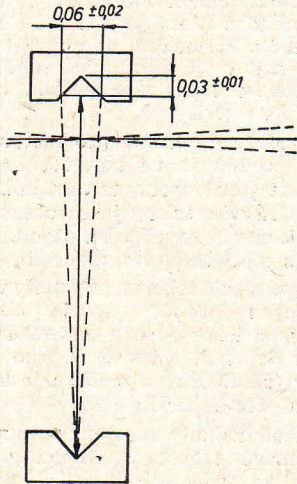
Nejjednodušší středění bez přípravku je možné na rovné desce s pomocí milimetrového měřítka. Rámeček překlápíme na jednotlivé strany a za současného měření posouváme příruby s hroty do osy rámečku. (Viz obr. 3.) Po dokonalém zaschnutí šelaku připájíme nejdříve vývody cívky na držáky vlásků a pak teprve připájíme pečlivě přívodní vlásky. Používáme nejlépe cínovou pájku se 60 % Sn a výhradně čistou kalafunu. Pájka ani kalafuna se nesmí roztéci po pájení vlásky. Pak sestavíme otočný systém.



Obr. 3. Středění hrotů bez přípravku.

Seřízení ložisek

Šroubováním ložisek nařídíme vůli na 0,02—0,04 mm, což ve většině případů je ovlivněno citem a cvikem přístrojaře. Vůli je možno kontrolovat setinovým indikátorem. Je-li to snazší, můžeme kontrolovat boční vůli horního ložiska (0,05—0,08) nebo v nouzi kontrolovat výškovou výchytku ručky (obr. č. 4). Je třeba si uvědomit, že na příklad při stoupání závitů



Obr. 4. Vůle ložisek.

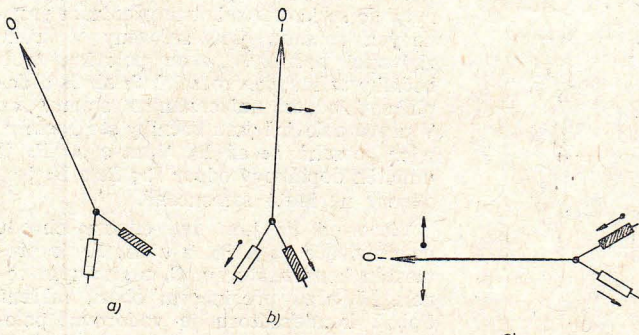
ložiska 0,35 mm se při otočení o 10^0 změní vůle ložiska přibližně o 0,01 mm a že po úplném vymezení vůle snadno nastane poskožení hrotů nebo kamenů. Po seřízení vůle dotáhneme pojistnou maticí ložiska. Při tom musíme dát pozor, abychom seřízení nezměnili.

Konečně připájíme vlásky na přívodní držáky a zamontujeme otočnou část systému s nosníkem ložisek do magnetického obvodu. Jestliže jsme měli sejmoutou ručku, nasadíme ji a zalepíme. Po skončení montáže přístroje provedeme jeho vyvážení. V principu jde o to, abychom dosáhli shody těžiště s osou otáčení systému.

Postup vyvážení systému (obr. 5)

První způsob:

- Přístroj dáme do takové polohy, aby osa přístroje byla svislá, stupnice vodorovná. V této poloze nepůsobí na systém žádný točivý moment. Stavítkem nuly nařídíme ručku přesně na nulu.
- Přístroj přemístíme do polohy prvního vážení, t. j. osa přístroje vodorovná, stupnice svislá, ručka svislá. (Obr. 5b.) Výchytku vlevo opravíme vysunutím závaží 2 od osy otáčení, výchytku vpravo vysunutím závaží 1 od osy otáčení. Je zřejmé, že vysunutí jednoho



Obr. 5. První způsob vyvážování otočného systému.

závaží může být nahrazeno přiblížením druhého závaží.

- Přístroj přemístíme do polohy druhého vážení (t. j. osa vodorovně, stupnice svisle, ručka vodorovně). Zde vidíme, že obě závaží působí moment stejného smyslu. Abychom neporušili předchozí vyvážení, vyvažujeme oběma závažími. Jestliže se ručka vychýlila směrem dolů, posuneme obě závaží od osy o stejnou vzdálenost. Při vychýlení ručky nahoru naopak přiblížíme obě závaží k ose o stejnou vzdálenost.

Nakonec zkontrolujeme, zda vyvážení souhlasí při vychýlení přístroje do libovolných poloh, o nichž předpokládáme, že mohou nastat při měření.

Druhý způsob:

U systému jiného typu než má Avomet se často užívá tři závaží pro vyvažování. Postup je podobný předchozímu, jen prvá a druhá poloha vyvažovací je zaměněna a vyvažuje se podle příslušných šipek na obr. 6.

Vyvažování se provádí u Avometu cínovou pájkou, u jiných systémů posuvnými (šroubovacími) závažími, někdy i lakem. Posuvná závaží je nutno zajistit lakem. Proto jimi nevyvažujeme úplně, ale necháváme malou nerovnováhu, kterou vyváží lak. Jako laku pro vyvažování používáme jediné hustý roztok šelaku v lihu, který můžeme rychle vytvrdit ohřátím páječkou. Nahřátím šelaku závaží uvolníme, takže vyvážení je možno opravit, což při použití jiných laků není tak snadné.

Přemagnetování

Po sestavení systému podle již probraného postupu kontrolujeme elektrické hodnoty měřicího systému podle odst. „Kombinované poruchy a jejich odstranění“. Jestliže ložiska i vlásky mají správné rozměry a jsou správně namontovány a nesouhlasí-li elektrické hodnoty, je třeba provést přemagnetování.

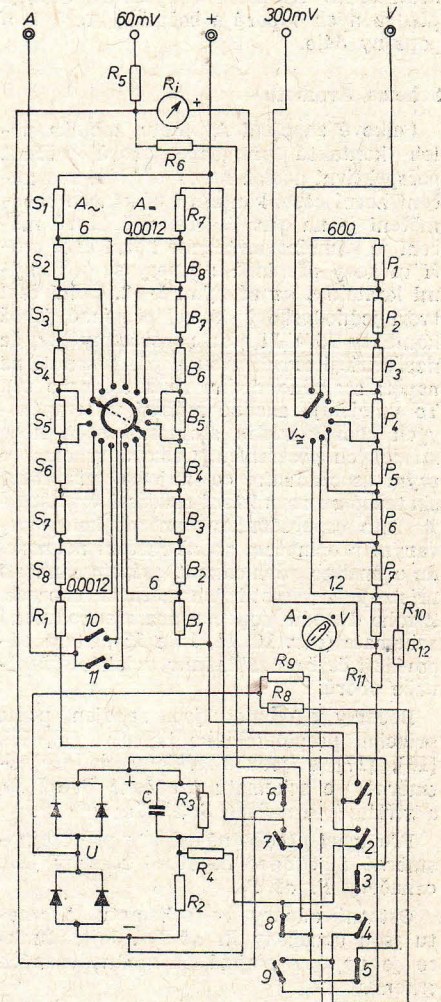
Nejjednodušší způsob magnetování systému ve smontovaném stavu je tento. Magnetem provlékneme dostatečně silný měděný vodič, který připojujeme na zdroj stejnosměrného proudu (po případě přes omezovací odpor) krátkodobě autobaterie 150 Ah, 12 V nebo svářečský stejnosměrný agregát). Musíme dbát toho, aby magnetování probíhalo ve stejném smyslu jako při původním magnetování.

Elektrické seřízení systému

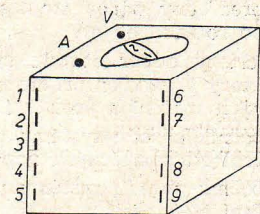
Přesné seřízení elektrických hodnot systému můžeme pak provést částečnou demagnetisací. Umístíme jej v regulovatelném střídavém magnetickém poli, jehož intenzitu zvětšujeme a zároveň měříme proud systému na prouku výchytku kontrolním přístrojem. Tímto způsobem současně stabilisujeme magnetické vlast-

nosti permanentního magnetu. Jednodušeji lze nastavení provést magnetickým bočnickem.

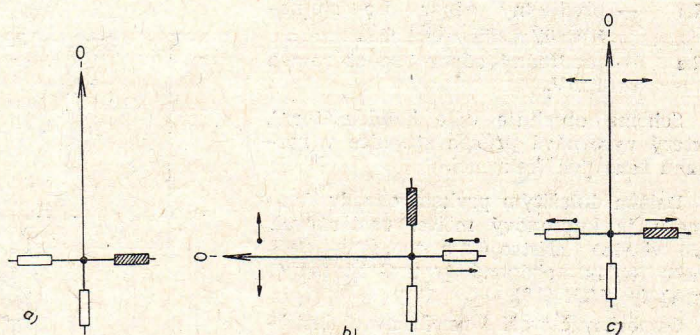
Tím jsou zhruba vyčerpány možnosti oprav deprežského systému. Vidíme, že



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V~											
V-											
A~											
A-											



Obr. 7. Celkové schéma Avometu.



Obr. 6. Druhý způsob vyvážování otočného systému.

tyto opravy jsou značně náročné na nářadí, kontrolní pomůcky, součástky, čas a kvalifikaci pracovníků. Proto pro uživatele, kteří obvykle nemají ani nutné pomůcky, ani potřebnou kvalifikaci, leží těžiště možností oprav Avometu v opravách obvodu předřadných odporů a bočniců, které jsou popsány dále.

Schema Avometu

Celkové zapojení Avometu, tabulka poloh kontaktů přepínače oborů měření, perspektivní pohled na uspořádání a označení horní části kontaktů přepínače oborů měření je na obr. 7. Přepínač oborů měření je kombinovaný. Jeho horní část tvoří vačkový přepínač s 9 pery se stříbrnými kontakty, označenými 1—9. Dolní část tvoří jednodeskový otočný přepínač, jehož kontakty 10 a 11 jsou uspořádány tak, že nepřerušují okruh proudu při přepnutí na napětí stejného druhu (buď ss, nebo st). To umožňuje snadné měření voltampérových charakteristik stejnosměrných nebo střídavých spotřebičů. Celkové schéma je svým uspořádáním co nejvíce přibližováno skutečnému rozmístění součástí v přístroji. Toto uspořádání s poměrně komplikovaným přepínačem oborů měření neumožňuje snadno přehlednout princip činnosti přístroje v jednotlivých měřicích oborech. Z toho důvodu jsou uvedena zjednodušená schémata (obr. 10, 11, 12 a 13), která odpovídají čtyřem základním polohám přepínače oborů.

Bočnický v Avometu jsou zapojeny podle principu přepínatelného bočnicku [2], [3], [16], [17] a jsou rozděleny na stejnosměrné, ve schématu označené B_1 až B_8 , a střídavé, označené S_1 až S_8 .

Přepínací předřadné odpory pro stejnosměrné i střídavé napětí jsou označeny P_1 až P_8 .

Ostatní odpory ve schématu Avometu jsou označeny R_1 až R_{12} . Jejich funkce je nejlépe zřejmá ze zjednodušených schémat.

- R_1, R_7 — doplňkové odpory přepínatelných bočniců,
- R_2, R_8 — doplňkové odpory obvodů usměrňovače na úplný můstek,
- R_4 — odpor pro nastavení obvodu usměrňovače při výměně usměrňovače,
- R_5 — předřadný odpor stejnosměrného rozsahu 60 mV,
- R_6 — seriový odpor obvodu systému, který je zapojen při stejnosměrných měřeních proudů i napětí,
- R_8 — bočník obvodu systému při měření stejnosměrných napětí,
- R_9 — bočník obvodu systému při měření st napětí,
- R_{10} — předřadný odpor pro stejnosměrný rozsah 1,2 V,
- R_{11} — předřadný odpor pro stejnosměrný rozsah 300 mV,
- R_{12} — předřadný odpor pro st rozsah 1,2 V.

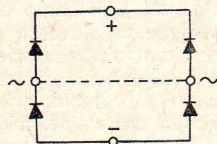
Schema obsahuje dále kondensátor C, který vyrovnává průběh stupnice v rozsahu tónových frekvencí.

Dalším důležitým prvkem obvodu Avometu je kuproxový měřicí usměrňovač. Ve většině přístrojů je to „šváb“ ČKD nebo Křížik, obdobný typu G 1341/1 (1 mA) fy. S&H [18].

Usměrňovač tvoří 4 usměrňovací destičky \varnothing 3 mm v můstkovém zapojení typu Graetz. Jednotlivé destičky mají tyto elek-

trické hodnoty: při střídavém napětí 1 V protéká ss proud větší než 1 mA. Dovolené závěrné napětí je pouze 2 Vss, při vyšších napětích může, podle údajů výrobce, nastat změna průběhu charakteristiky. Inverzní proud při dovoleném závěrném napětí je max. 20 μ A.

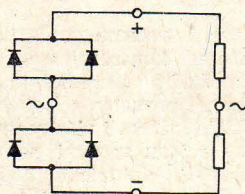
Spojením obou střídavých vývodů usměrňovače (obvykle označených žlutou a fialovou barvou) změníme Graetzův usměr-



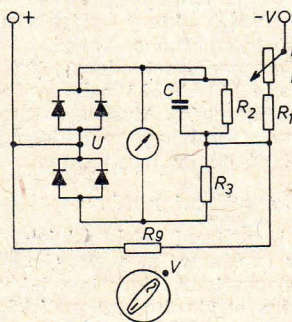
Obr. 8. Úprava zapojení usměrňovače.

ňovač v zapojení podle obr. 8 tak, že tvoří dvě větve můstkového usměrňovače, doplněné dvěma odpory R_2 a R_8 na celý usměrňovací můstek (obr. 9). Takovým zapojením získáme vhodnější průběh stupnice.

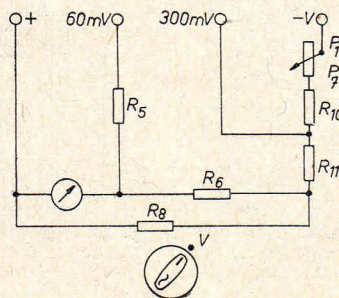
Zjednodušené schéma (obr. 10) znázorňuje zapojení Avometu při přepnutí přepínače oborů měření do polohy „střídavé napětí“. Přepínací předřadné odpory P_1 až P_7 jsou zakresleny zjednodušeně jako proměnný odpor. Ostatní odpory mají označení shodné jako v celkovém schématu obr. 7. Pro jednoduchost nejsou zakresleny ani kontakty přepínače oborů měření. Ze zjednodušeného schématu vidíme, že obvod děliče napětí je uzavřen



Obr. 9. Obvod usměrňovače Avometu.



Obr. 10. Zjednodušené schéma pro měření střídavého napětí. (Pozn.: při překreslování vypadl odpor R_4 , který je ve spojnici odporů R_2 a R_8 .)



Obr. 11. Zjednodušené schéma pro měření stejnosměrného napětí.

odporem R_9 , ke kterému je paralelně připojen můstek usměrňovače se seriovým odporem R_4 a s měřidem.

Zjednodušené schéma pro měření ss napětí je na obr. 11. Pro měření v rozsahu 1,2 V až 600 V jsou přepínací odpory P_1 až P_7 nahrazeny proměnným odporem, který je doplněn odpory R_{10} , R_{11} a R_8 na celý dělič. Odpor R_{10} je doplňkový předřadným odporem pro rozsah 1,2 V, odpor R_{11} je předřadným odporem pro rozsah 300 mV. Paralelně k odporu R_8 je připojen obvod měřidla, který je doplněn seriovým odporem R_6 . Při měření na nejnižším rozsahu 60 mV tvoří obvod předřadný odpor R_5 a paralelní kombinace měřidla s odpory R_0 a R_3 v seri.

Zjednodušené schéma pro měření střídavých proudů je na obr. 12. Pro jednoduchost jsou odpory universálního bočnicku S_1 až S_8 zakresleny jako potenciometr (dělič), k němuž je připojen obvod usměrňovače s měřidem přes odpor R_1 .

Zjednodušené schéma pro měření stejnosměrných proudů je na obr. 13. Stejně jsou i zde odpory universálního ss bočnicku B_1 až B_8 zakresleny jako potenciometr (dělič). Obvod měřidla je k němu připojen přes odpor R_7 a R_6 .

Přibližné hodnoty konstant obvodu Avometu udává tabulka 4. Hodnoty slouží hlavně jako orientační pro výměnu či opravu součástí. Přesné seřízení hodnot některých odporů provádíme až při cejchování přístroje.

Rozmístění součástí v Avometu

Umístění součástí v Avometu je patrné z pohledů na otevřený přístroj. Označení jednotlivých součástí je shodné s označením v celkovém schématu (obr. 7).

V obr. 14 je pohled na přístroj po sejmutí obou polovin spodního krytu. V horní části jsou uloženy bočnický S_1 , vinutý jako samonosná plochá cívka umístěná ve středu, S_2 , navlečený na bakelitový výstupek a B_1 , který tvoří jednoduchá samonosná smyčka.

Na obr. 15 je pohled na přístroj, otevřený podle postupu uvedeného v odst. „Otevření avometu“ po sejmutí stupnice a podloženého zrcátka z měřicího systému. Odpory vinuté na jednotné bakelitové kostry jsou upevněny svisle na chasis přístroje, pomocí dvou drátů provléknutých středním otvorem kostry. Vlevo nad měřicím systémem je umístěn odpor R_6 , vpravo odpor R_5 a po případné opravě odpory rozsahu 600 a 300 V. Po stranách magnetu je vlevo umístěn odpor P_1 (hmotový s malou tolerancí, zalitý do bakelitové trubičky), vpravo P_2 (radiotechnický s úzkou tolerancí, po případné v provedení jako P_1). Vpravo, kolem přepínače napětíových rozsahů, jsou umístěny v půlkruhu odpory P_3 až P_7 . Odpor P_3 je složen ze tří odporů a odpor P_4 ze dvou odporů zapojených do serie. Vlevo kolem přepínače proudových rozsahů jsou seřazeny v kruhu zbývající bočnický. Levou polovinu tvoří bočnický střídavých rozsahů S_3 až S_8 a doplňkový odpor universálního shuntu R_1 . V pravé polovině jsou bočnický stejnosměrných rozsahů B_2 až B_8 . Vpravo od B_8 je umístěn doplňkový odpor R_7 ; B_2 a B_3 jsou odpory navinuté samonosně.

Vlevo od P_7 jsou dva odpory obvodu usměrňovače R_2 a R_8 , z nichž R_8 je přemostěn kondensátorem C, umístěným vodorovně před přepínačem oborů měření. Poblíž kondensátoru je vodorovně položený seriový odpor usměrňovacího obvodu R_4 .

Vlevo vedle přepínače oborů měření je měřicí usměrňovač U , upravený podle obr. 8. Vpravo od přepínače oborů měření jsou umístěny předřadné odpory R_{12} , R_{10} a R_{11} .

Částečně krytý přepínačem oborů měření jsou odpory R_s a R_9 , které tvoří bočníky obvodu měřidla při měření stejnosměrných a střídavých napětí.

Odpory v Avometu

V Avometu je použito tři druhů odporů pro předřadné odpory a bočníky. Většinu tvoří drátové odpory přístrojové, vinuté buď z manganinu (= mangananu), konstantanu či z mědi. Odpory navíruté z mědi slouží k teplotní kompensaci přístroje [2], [6]. Při změně teploty o 10°C změni se odpor mědi o asi 4 %, odpor vlásků zhotovených z fosforbronzí o 1 % a změny odporu manganinu jsou téměř zanedbatelné. Třetí druh odporů jsou odpory radiotechnické, vrstevové, po příp. ve speciálním provedení s malými tolerance-mi. Tyto odpory jsou v Avometu použity jen na nejvyšších napětových rozsazích 600 V a 300 V (P_1 a P_2). Odporů vinutých z mědi je použito pouze v opravných obvodech usměrňovače, kde slouží ke zmenšení (odstranění) teplotní závislosti.

Teplotní kompensace usměrňovače

U kuproxového usměrňovače se stoupající teplotou klesá vnitřní odpor, což se

Tabulka 1. Zařazený odpor, zatěžovací proud a příkon při měření stejnosměrného i střídavého napětí.

Rozsah [V]	Odpor [Ω]	Při plné výchylce	
		[mA]	[mW]
0,06 =	asi 270	asi 0,22	0,013
0,3	300	1	0,3
1,2	1200	1	1,2
6	6000	1	6
12	12000	1	12
30	30000	1	30
60 =	60000	1	60
120	120000	1	120
300	300000	1	300
600	600000	1	600

Přístrojem lze měřit 1 mV až 650 V stejnosměrných a 200 mV až 650 V střídavých.

Tabulka 2. Zařazený odpor, úbytek napětí a příkon při měření stejnosměrného proudu.

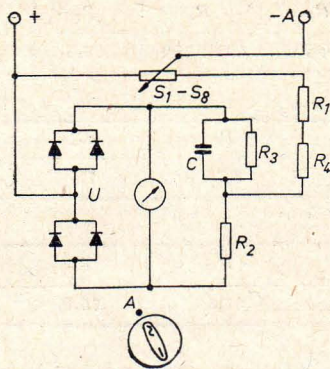
Rozsah [A]	Odpor [Ω]	Při plné výchylce	
		[mV]	[mW]
0,0012	asi 100	120	0,145
0,003	46	138	0,42
0,012	12,3	148	1,8
0,03	5,0	150	4,5
0,12	1,25	150	18
0,3	0,5	150	45
1,2	0,125	150	180
6	0,025	150	900

Přístrojem lze měřit $20\ \mu\text{A}$ až 6,5 A. Na rozsahu 60 mV lze indikovat proudy od cca 4 μA .

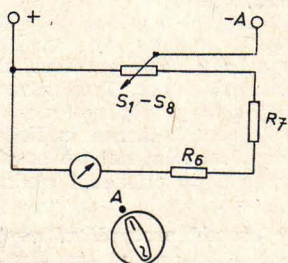
Tabulka 3. Zařazený odpor, úbytek napětí a příkon při měření střídavého proudu.

Rozsah [A]	Odpor [Ω]	Při plné výchylce	
		[V]	[W]
0,0012	1000	1,2	0,00145
0,003	460	1,38	0,0045
0,012	123	1,48	0,018
0,03	50	1,50	0,045
0,12	12,5	1,50	0,18
0,3	5,0	1,50	0,45
1,2	1,25	1,50	1,8
6	0,25	1,50	9

Přístrojem lze měřit 200 μA až 6,5 A.



Obr. 12. Zjednodušené schéma pro měření střídavého proudu.



Obr. 13. Zjednodušené schéma pro měření stejnosměrného proudu. (Pozn.: V obrázku má být správně $B_1 - B_8$, místo $S_1 - S_8$.)

projeví zvětšeným proudem, tedy větší výchytkou měřidla. Toto zvýšení kompensujeme zařazením odporů s kladným teplotním činitelem R_2 , R_3 do obvodu usměrňovače.

Teplotní kompensace milivoltmetrů

Téhož principu kompensace lze užít i pro ss milivoltmetry obr. 16, kde kompensujeme přírůstek odporu měděného vinutí otočné cívky. Otočnou cívku zapojíme do serie s odporem manganinovým a paralelně k této kombinaci připojíme odpor z mědi. Pak na př. přírůstek odporu seriového zapojení odporů z mědi a manganinu je menší než přírůstek paralelního odporu z mědi a při stoupnutí teploty stoupne tedy proud seriovou kombinací odporů. Tím lze vykompenzovat zvýšení odporu samého vinutí rámečku. Pro vyšší rozsahy volmetru se teplotní závislost se vzrůstajícím předřadným odporem manganinovým nebo konstantanovým, který je teplotně prakticky nezávislý, projevuje úměrně méně. Zvláštní kompensace na vyšších rozsazích není tedy nutná.

Výměna odporů

Drátové odpory

Většina odporů v Avometu je navinuta na jednotné bakelitové kostry, opatřené dvěma vývody. Změní-li odpor během doby svou hodnotu, je nutno ho vyměnit nebo opravit.

Převíjení odporu

Starý drát s kostry odvineme nebo seřízneme. Změříme průměr mikrometrem a určíme buď prohlídkou, nebo ze specifického odporu, materiál drátu. (Konstantanu se používá jen na velké hodnoty předřadných odporů voltmetrů.) Před navíjením určíme střední průměr závitu a vypočteme přibližný počet závitů.

Odpory Avometu jsou vesměs vinuty jedním směrem. Při vinutí je dobré držovat tah drátu udaný v grafu (obr. č. 2). Po navinutí předem stanoveného počtu závitů změříme můstkem odpor, který pak upravíme přidáním či ubráním závitů na přesnou hodnotu. Odpory v Avometu jsou impregnovány bakelitovým lakem. Po navinutí provedeme umělé stárnutí (8 hod. v termostatu při 80 až 90°C). Znovu, je-li to potřeba, opravíme hodnotu odporu. Bočníky vyšších proudových rozsahů (vinuté jako samonosné cívky) nastavujeme až po zaletování do obvodu. Jejich odpor volíme poněkud menší a upravíme jej při cejchování pilováním.

Hmotové odpory

Hmotové odpory radiotechnické a usměrňovač zásadně vyměňujeme v případě, že změni své hodnoty. Pokud nemáme speciální odpory s malými tolerance-mi, je nejlépe odpory skládat z kombinace odporů paralelních a seriových [3].

Jestliže nahrazujeme drátový přístrojový odpor odporem radiotechnickým, pak si musíme uvědomit, že ve většině případů jsme tím zhoršili kvalitu a přesnost opravovaného přístroje, neboť Avomet bude více závislý na změnách teploty a vlhkosti okolí. Ani časová stálost běžných radiotechnických odporů nebývá pro přístroje postačující.

Hledání chyb, opravy a seřízení

Zjištění závad

Při periodické kontrole Avometů srovnáváním údajů s kontrolním přístrojem nebo při cejchování zjišťujeme hlavně, zda přesnost přístroje vyhovuje jmenovitým tolerance-mi. Třída přesnosti udává v procentech tolerance pro plnou výchytku.

Při těchto měřeních používáme jako zdroje pro ss proudová měření akumulátorové baterie na příklad 6 V o dostatečné kapacitě, opatřené regulačním odporem, která nám s jiným vhodným děličem poslouží i při kontrole napětových rozsahů do 6 V. Kontrola vyšších rozsahů stejnosměrného napětí je nejpohodlnější pomocí elektronicky stabilizovaného zdroje s regulovatelným napětím od 0 do 600 V. Pro střídavé proudy vyhoví regulační autotransformátor, doplněný vhodným zatěžovacím odporem. Při kontrole střídavých rozsahů napětí můžeme použít regulačního autotransformátoru pro malá napětí s děličem pro jemnou regulaci napětí, pro velká napětí se vzestupným transformátorem. Provádí-li kontrolní měření jedna osoba, je výhodné zapojit před autotransformátor střídavý stabilizátor s malým skreslením tvaru napětí. Tvar napětí je dobře kontrolovat alespoň oscilografem. Kmitočtovou závislost napětových rozsahů zjišťujeme s pomocí tónového generátoru.

Kontrolní měření lze obměňovat podle vybavení laboratoře.

Jako kontrolní přístroj poslouží v nouzi i jiný přístroj téže třídy přesnosti. Vždy je však nutno počítat s algebraickým součtem chyb. Pro kontrolu přesnosti rozsahu napětí je možno použít i kompensátoru a pod. Alespoň na jednom rozsahu provádíme měření pro celý průběh stupnice, a to pro hodnoty stoupající i klesající. Hodnoty nastavujeme vždy ve stejném smyslu. Při tomto měření zjis-

R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}	R_{11}	R_{12}
250	$1500 \pm 10\%$	$1500 \pm 10\%$	$200 \div 1200$	$180 \div 230$	$400 \div 700$	25,0	150	1500	900	$175 \div 185$	$300 \div 500$

B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8
0,025	0,1	0,375	0,75	3,75	7,5	37,5	75,0

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
0,25	1,0	3,75	7,5	37,5	75,0	375	750

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
300 000	180 000	60 000	30 000	18 000	6000	4800

Tab. 4. Hodnoty konstant obvodu Avometu.

$C = 3000 \text{ pF}$. Všechny hodnoty v tab. 4. jsou udány v ohmech.

tímé zároveň stav ložisek přístroje, zvláště když kontrolním přístrojem je buď přístroj na závěsech nebo kompensátor. Odstranění závad ložisek viz odst. „Mechanické poruchy měřicího systému“. Na dalších rozsazích stačí pak zkontrolovat maximální výchylku. Jestliže nemáme vhodné zdroje napětí či proudu, můžeme kontrolovat i libovolnou výchylku, kterou opravíme podle hodnot kontrolního cejchování průběhu stupnice a přepočteme na výchylku maximální.

Mimo kontrolní měření se při běžném používání objeví zjevné chyby, na příklad neměřil-li přístroj na některém

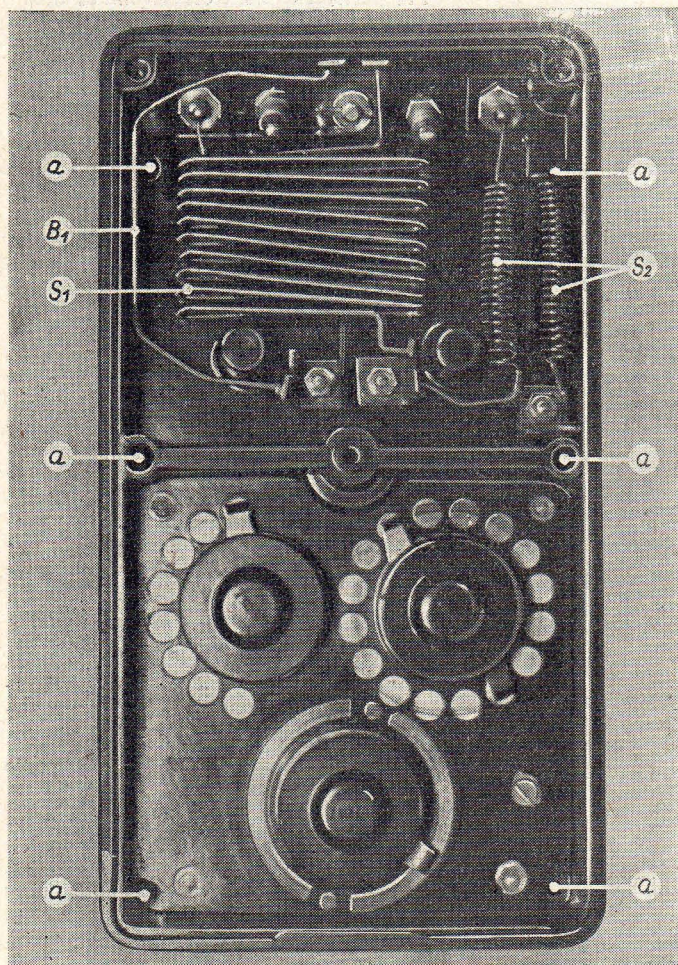
rozsahu nebo v některé poloze přepínače obrátě měření vůbec. Tyto závady jsou nejčastější a lze je většinou snadno opravit, pokud není poškozen měřicí systém. K jejich určení nám nejvíce pomůže celkové schéma, po případě i zjednodušená schémata.

Poruchy obvodů pro měření napětí

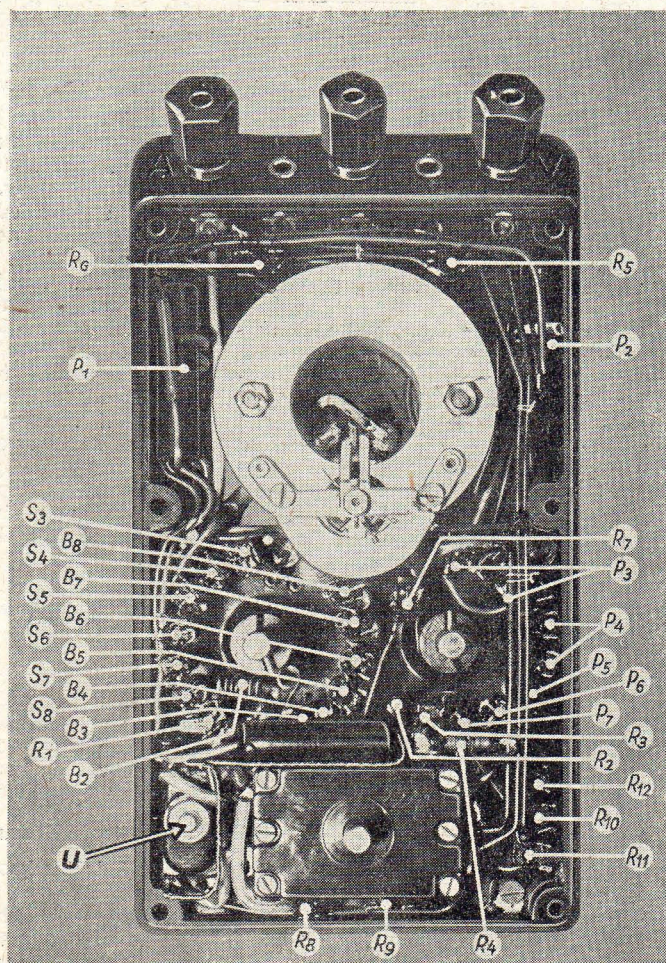
Jestliže na příklad při měření napětí je přerušen některý z předradných odporů, pak Avomet neukazuje na všech vyšších rozsazích ležících za tímto odporem. Na příklad P_3 je přerušen. Avomet neměří na 120, 300 a 600 V. Avomet neměří ani stejnosměrná, ani střídavá na-

pětí uvedených rozsahů, protože předradné odpory jsou společné.

Ze zjednodušených schémat vidíme, že je-li přerušen předradný odpor R_{10} , pak Avomet měří pouze na stejnosměrném rozsahu 300 mV a 60 mV a na všech střídavých napětíových rozsazích. Je-li přerušen odpor R_{11} , Avomet měří pouze na stejnosměrném rozsahu 60 mV, ale měří na všech střídavých napětíových rozsazích. V případě, že je přerušen odpor R_{12} , Avomet neměří na všech střídavých rozsazích. Při přerušení odporu R_5 neměří Avomet na stejnosměrném rozsahu 60mV. Při přerušení odporu R_6 neměří Avomet



Obr. 14. Umístění součástí Avometu pod spodním krytem (a = 6 spojovacích šroubů).



Obr. 15. Umístění součástí Avometu pod horním krytem.

na všech stejnosměrných rozsazích proudu i napětí, mimo rozsah 60 mV, kde ukazuje hodnotu vyšší (cca 54 mV na plnou výchylku). Při přerušení odporu R_5 ukazuje Avomet napětí asi pětikrát větší na všech ss rozsazích. Při přerušení odporu R_4 neměří Avomet na všech střídavých rozsazích proudu i napětí. Při přerušení odporu R_2 nebo R_3 ukazuje Avomet cca o 12 % méně na všech střídavých rozsazích proudu i napětí. Zapojení usměrňovače se tím změní z dvoucestného na jednocestné a změnou zátěže se posune i pracovní bod usměrňovače. Je to poměrně častá porucha. Při přerušení odporu R_9 udává Avomet výchylku 2krát až 3krát větší při měření střídavých napětí. Zvětšení výchylky se mění podle zařazeného rozsahu a podle velikosti výchylky.

Poruchy obvodu pro měření proudu

Je-li přerušen některý stejnosměrný nebo střídavý bočník (B_1 až B_8) nebo S_1 až S_8), pak Avomet na všech rozsazích vyšších než je přerušený bočník neměří vůbec, stejně jako při přerušeném odporu R_6 , R_7 nebo R_1 , R_4 . Na všech rozsazích nižších než je přerušený bočník se Avomet změní z ampérmetru na milivoltmetr.

Většinu závad (poruch) na bočních výšších proudových rozsazích zjistíme pouhou prohlídkou.

Poruchy přepínačů

Přepínače, mechanický prvek obvodů Avometu, jsou natolik robustní, že při správném ošetřování nevyžadují oprav.

Kombinované poruchy a jejich zjišťování

Často se stává, že Avomet, který přijde do opravy, má poruch více. Nebylo by účelné postupně probírat všechny možné kombinace, je spíše výhodné stanovit postup rychlého zjištění (lokalisování) závad.

Při zapojování či hledání závad ve sdělovacích zařízeních se často používá ohmmetru, buď přímo ukazujícího, nebo můstku na měření odporů. Na rozdíl od zesilovačů a většiny reléových obvodů si zde musíme uvědomit, že opravujeme citlivý přístroj, který bychom mohli snadno připojením ohmmetru poškodit. Elektrické přetížení připojením ohmmetru hrozí samému měřicímu systému a po případě i přístrojovému usměrňovači, který, jak jsme uvedli již dříve, nesnáší vyšší závěrné stejnosměrné napětí než 2 V.

Jestliže chceme určit chybu v obvodech Avometu ohmmetrem či můstkem, pak je vhodné postupovat takto. Nejprve zkontrolujeme kontrolním přístrojem, zda Avomet správně měří na rozsahu 60 mV. Plná výchylka 60 mV, 0,22 mA. Je-li rozsah 60 mV v pořádku, víme, že vlastní měřicí systém a odpory R_5 , R_6 , R_8 mají správné hodnoty. Jestliže tomu tak není, odpojíme horní přívod měřicího systému (—) a kontrolujeme ohmmetrem nebo Omegou I postupně odpory R_3 , R_6 a R_8 , zda nejsou přerušeny. V případě, že tyto odpory mají hodnoty přibližně shodné s hodnotami udanými v tab. 4, pak je závada v měřicímu systému, a ten zásadně nesmíme kontrolovat ohmmetrem či můstkem, na jehož připojovacích svorkách je většinou pro zkoušený systém nepřijatelně velké napětí

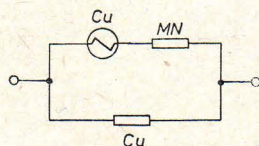
Samotný systém proměříme kontrolním přístrojem. Na plnou výchylku protéká systémem cca 15 + 220 μ A při úbytku napětí cca 16 mV na vnitřním odporu systému (R_i je tedy asi 80 Ω). To jsou přibližně hodnoty, kterých musíme dosáhnout i po opravě měřicího systému.

Dalším krokem je proměření předřadných odporů R_{11} , R_{10} s pomocí ohmmetru, a po případě i odporů P_7 až P_1 . Tato měření provádíme při odpojeném otočném systému a s přepínačem oborů měření přepnutým na stejnosměrná měření. Tím se zabezpečíme proti náhodnému poškození otočného systému nebo usměrňovače. V obvodu usměrňovače zkontrolujeme ohmmetrem hodnoty odporů R_2 , R_3 a R_4 při odpojeném usměrňovači U . Odporem R_4 se nastavuje obvod usměrňovače a jeho hodnota je pro jednotlivé usměrňovače rozdílná. Pro měření střídavých napětí je důležitá hodnota odporu R_9 , shuntujícího obvod usměrňovače s otočným systémem viz obr. 10.

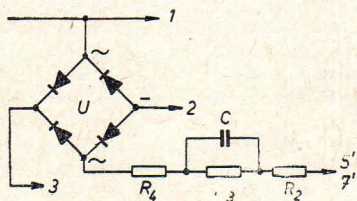
Usměrňovač samotný nekontrolujeme, neboť je to příliš zdlouhavé. Rychlejší je, jestliže jsme přeměřili hodnoty všech odporů v obvodu usměrňovače včetně předřadného odporu R_{12} , vyměnit usměrňovač, nelze-li dosáhnout správného průběhu stupnice změnou odporu R_4 na střídavém rozsahu 1,2 V a na rozsazích vyšších.

Kontrolu odporů stejnosměrných a střídavých bočníků provedeme snadno při odpojeném otočném systému takto. Ohmmetr připojíme paralelně ke svorkám —A, +, přepínač oborů měření přepneme na příklad na měření stejnosměrných proudů, přepínačem proudových rozsahů přepínáme jednotlivé rozsahy počínaje od nejvyšších. Snadno tak najdeme přerušený bočník. Jednotlivé údaje ohmmetru jsou součtem odporů zapojených bočníků. Na nejvyšších rozsazích musíme odečíst odpor přívodů. Nebo, což je méně pohodlné, musíme kontrolovat každý bočník zvlášť. Součtovou kontrolu střídavých nebo stejnosměrných bočníků ohmmetrem můžeme provést i na přístroji s připojeným systémem s přepínačem oborů měření, přepnutým vždy na měření střídavých nebo stejnosměrných napětí. Doplňkové odpory R_1 a R_7 musíme kontrolovat zvlášť.

Po skončení kontrole můstkem či ohmmetrem, za předpokladu, že přepínači předřadné odpory P_1 až P_7 a bočníky B_1



Obr. 16. Schema teplotní kompenzace milivoltmetru. (Cu odpor vinutý z mědi. MN odpor vinutý z manganinu).



Obr. 17. Starší provedení usměrňovacího obvodu Avometu.

až B_8 a S_1 až S_8 mají správné hodnoty, nařídíme ostatní odpory Avometu při cejchování.

Vydeme na příklad od stejnosměrného rozsahu proudu (obr. 13), který opravíme podle kontrolního přístroje změnou odporu R_7 (po případě i odporu R_6).

Pak nařídíme vyšší rozsahy stejnosměrných napětí (obr. 11) s pomocí odporu R_8 , který měníme podle údajů kontrolního přístroje tak, až vyšší rozsahy souhlasí. Potom opravíme rozsah 300mV a 1,2V, změnou odporů R_{11} a R_{10} . Tím se přesnost nařízení vyšších rozsahů ovlivní jen nepatrně. Rozsah 60mV se nastaví po úpravě odporů R_6 a R_8 , nezávisle na ostatních předřadných odporech pro měření napětí.

Střídavé proudové rozsahy nařídíme s pomocí odporů R_1 a po případě R_4 .

Nastavení vyšších střídavých napětových rozsahů se provádí odporem R_9 . Na nižších rozsazích se zaměříme hlavně na dosažení shody rozsahu 6V s pomocí odporu R_{12} , a jestliže pak nesouhlasí rozsah 1,2 V, který má zvláštní stupnici, upravíme jej vyrováním nové stupnice. Při výměně usměrňovače je většinou nutné provést překreslení střídavých stupnic. [19]. Cejchování střídavých rozsahů je nezávislé na cejchování stejnosměrných rozsahů. Postup můžeme obrátit nebo provést na příklad jen pro střídavé rozsahy při výměně usměrňovače.

Tím je zhruba popsán postup zjišťování závady, který umožňuje celkem snadno najít chybu a určit druh opravy. Celkové schema, zjednodušená schemata, tabulka přibližných hodnot odporů a popis rozmístění součástek v Avometu usnadňují veškeré opravy obvodů Avometu.

Je třeba ještě upozornit na některé odchylky v provedení Avometu. Nejdůležitější z nich je starší zapojení obvodu usměrňovače s běžným Graetzovým můstkem (obr. 17 — čísla označují shodné kontakty z obr. 7). Použitý usměrňovač je typu G1641/1 (5 mA), či jiný obdobný. Odpor R_{12} má v tomto případě hodnotu 10 + 90 Ω .

Nové provedení má místo kruhového magnetu kostku AlNi, vloženou do pólových nástavců, která vyžaduje zvláštní přípravku při magnetování. Také část bočníků je společná pro stejnosměrné i střídavé rozsahy a předřadný odpor P_5 je hmotový, umístěný vedle P_2 . V článku není možné podat výčet všech změn, které byly provedeny během několikaleté výroby, při neustálém zdokonalování přístroje.

Závěr

Závěrem je třeba říci, že dnešní technika klade velké nároky na přesnost měření, kterou můžeme zajistit jedině přezkoušením a opravou přístroje.

Článek má dvě hlavní části, nehledíme-li k úvodním tabulkovým údajům, které mohou rovněž přispět k zpřesnění měření;

jsou to:

- obecný popis oprav měřicího systému s otočnou cívku, kterého lze použít i pro jiné typy přístrojů než je Avomet,
- popis oprav obvodů, který je převážně zaměřen na Avomet.

Článek by měl být pomůckou ke zlepšení přesnosti Avometů v běžném provozu.

LITERATURA:

- (1) Metra — Návod k použití univerzálního přístroje Avomet.
- (2) Trnka — Měření, SNTL 1953.
- (3) Pacák — Měřicí metody a přístroje I. Orbis 1949.
- (4) Šilonosov — Električeskije kontrolnoizmeritelnyje pribory, Mašgiz 1955
- (5) Vlasov a j. — Šorka i regulirovka elektroizmeritelnyh priborov, GOSENERGOIZDAT 1955
- (6) Keinath — Die Technik der elektrischen Messgeräte, II. vyd., Oldenbourg 1922
- (7) Sdělovací technika 1, 1953, III, č. 3, s. 93, Zkoušky měřidel
- (8) Sdělovací technika 2, 1954, X, č. 10, s. 316 Vliv skreslení měř. napětí na údaj měřidel s usměrňovačem
- (9) Sdělovací technika 1, 1953, I, č. 1, s. 18—20, Forejt—Lupišek — Měření
- (10) Sdělovací technika 1, 1953, IX, č. 9, s. 266—7, Nečásek — Oprava chyby při měření napětí běžným ručkovým voltmetrem
- (11) Sdělovací technika 1, 1953, XII, č. 12, s. 354—5, Karpinský — Oprava chyby při měření napětí běžným ručkovým voltmetrem
- (12) Elektronik 29, 1950, X, č. 9, s. 209, Horňák — Meranie napätia ss zdroja s veľkým vnútorným odporom.
- (13) Elektronik 29, 1950, XI, č. 11, s. 266, Měření na zdrojích s velkým odporem
- (14) Elektronik 29, 1950, I, č. 1, s. 8, Snadné měření indukčnosti a kapacity
- (15) Radioamatér 25, 1946, VIII, č. 8, s. 197, Voltampermetr ako merač kapacit
- (16) Radioamatér 25, 1946, V, č. 5, s. 123, Voltampermetr pro tónové kmitočty
- (17) Elektronik 30, 1951, V, č. 5, s. 118, Pacák — Univerzální měřicí přístroj
- (18) Radioamatér-Elektronik 27, 1948, III, č. 3, s. 72, Usměrňovače pro měřicí účely
- (19) Elektronik 30, 1951, VII, č. 7, s. 174, Kreslení stupnic pro měřicí přístroje