

Obsah

1	Katetometr	3
1.1	Konstrukce	3
1.2	Metodika práce	4
2	Elektronické stopky s počítadlem kyvů	5
2.1	Popis	5
3	Číslicový voltmetr M1T 330	6
3.1	Konstrukce přístroje	6
4	Technický kompenzátor METRA, vzor QTK	8
4.1	Postup měření na kompenzátoru	10
4.1.1	Příprava kompenzátoru	10
4.1.2	Měření napětí do 1 500 mV	11
4.1.3	Měření napětí vyšších než 1 500 mV	12
4.1.4	Westonův normální článek	12
5	Malé zrcátkové a ručkové galvanometry Metra DGrz	12
6	Pyromet	13
6.1	Princip činnosti	13
6.2	Konstrukce	14
6.3	Postup při měření	15
6.3.1	Chyby měření	16
7	Digitální multimetr V 560	17
8	Osciloskop T 531	18
8.1	Význam a funkce ovládacích knoflíků	20
8.2	Nastavení a používání zesilovačů	23
8.3	Pozorování průběhu periodických napětí rozvinutých vestavěnou časovou základnou	24
8.4	Pozorování tvaru fáze a napětí o známém pevném kmitočtu	24
8.5	Pozorování tvaru a napětí o síťovém kmitočtu	25
8.6	Pozorování jednou probíhajícími jevy	25
8.6.1	Použití jako synchroskop	25
8.6.2	Pozorovaný děj je velmi pomalý	25
8.7	Modulace světelného paprsku	26

9	RC generátor TESLA BM 365	26
9.1	Popis	26
9.2	Připojení na síť	26
9.3	Uvedení do chodu	26
9.4	Technické údaje	27
10	RG generátor TESLA BM 218a (TESLA BM 344)	27
10.1	Obsluha	27

1 Katetometr

Katetometr je určen k přesnému měření vertikálních vzdáleností. Podle volby objektivu dalekohledu můžeme měřit objekty ležící ve vzdálenosti 140-150 mm, 340-380 mm, 500-625 mm a 730-969 mm.

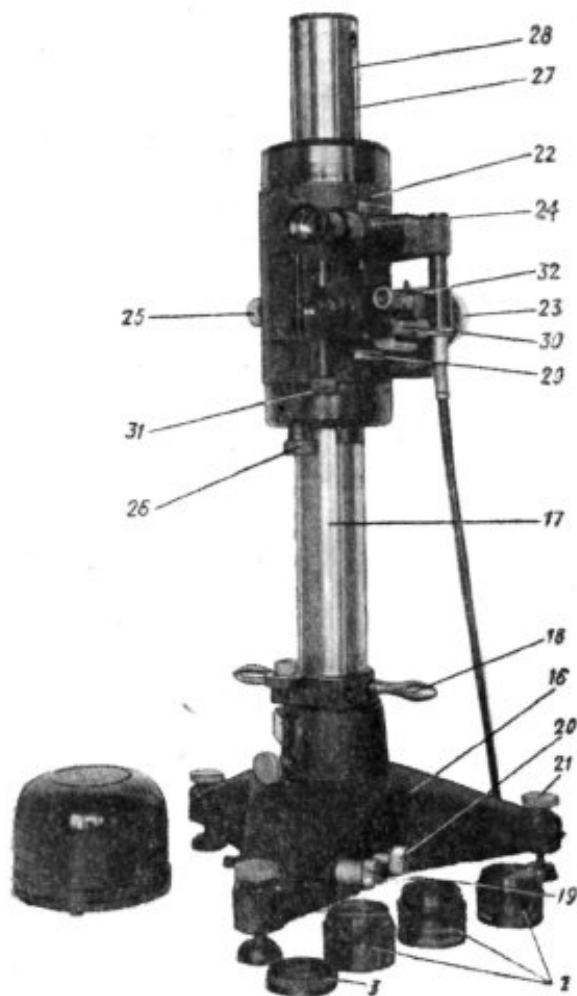
1.1 Konstrukce

Katetometr se skládá z vertikálního sloupku na třínožce, měřicího suportu, dalekohledu a odečítacího mikroskopu. Jeho příslušenstvím jsou objektivy (2) a barevný filtr (3).

Na třínožce (16) (obr. 1) stojí sloupek (17). Pomocí držadel (18) se může sloupek otáčet kolem vertikální osy, mikrometrické pootočení se provádí šroubem (19) při zataženém šroubu (20).

Do sloupku je vmontována skleněná milimetrová škála, jejíž osa je přesně paralelní s osou sloupku. Stavěcími šrouby (21) na třínožce se přístroj vyrovnává vertikálně. Měřicí suport (22), který nese dalekohled a odečítací mikroskop (24), se posunuje po sloupku. Hrubý vertikální posuv se provádí ručně při povoleném šroubu (25), jemný pomocí mikrometrického šroubu (26) při zataženém šroubu (25). Suport je v rovnováze s protizávažím uvnitř sloupku, které je spojeno se suportem ocelovým pásem (27), jdoucím přes kladku (28).

Dalekohled (23) je upevněn na suportu. Na zvolený bod předmětu se zaostřuje otáčením šroubu (29). K hrubému zaměření na daný objekt slouží mířidla na tubusu dalekohledu. Na boku tutubusu je cylindrická libela (30), jejíž osa je rovnoběžná s osou dalekohledu. Dalekohled se vodorovně vyrovnává mikrometrickým šroubem (31). Při přesně horizontální poloze osy dalekohledu jsou konce bublin, při pohledu přes lupu (32), v libele vedle sebe (tvoří oblouk).



Obrázek 1: Celkový pohled na katetometr a příslušenství.

Přesné horizontální zaměření se provádí šroubem (19) při zataženém šroubu (20).

V měřícím suportu je zamontován odečítací mikroskop s měřítkovou sítí. Okulár mikroskopu má dioptrický posuv pro zaostření vzhledem k očím pozorovatele.

1.2 Metodika práce

Před měřením musíme orientačně určit vzdálenost od měřeného objektu k objektivu dalekohledu a nasadit na dalekohled příslušný objektiv.

Pomocí stavěcích šroubů je nutno pomocí kruhové libely nastavit osu sloupku přesně vertikálně.

Osvětlení odečítacího mikroskopu rozsviňte zapnutím do sítě přes transformátor (220/2,5 V).

Při povoleném šroubu (25) nastavte dalekohled pomocí mířidel na daný bod předmětu.

Zaostřete okulárem dalekohledu kříž dalekohledu a šroubem (29) zaostřete na zvolený bod předmětu; ve vertikální rovině šroubem (26) při zataženém šroubu (25), v horizontální rovině pomocí šroubu (19) při zataženém šroubu (20).

Pravé horizontální rameno kříže dalekohledu je nahrazeno úhlovým bisektorem (obr 2). Při zaměření dalekohledu musí být vybraný bod předmětu právě ve vrcholu tohoto úhlového bisektoru.

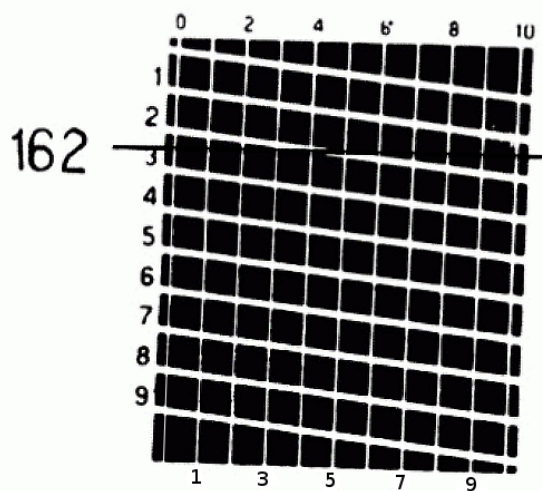


Obrázek 2: Úhlový bisektor.

Po zaměření na daný bod objektivu odečítáme číslo z měřítkové sítě v odečítacím mikroskopu. Pak posuneme suport po sloupku, zaměříme dalekohled na druhý bod objektu a odečteme jemu odpovídající číslo. Rozdíl mezi oběma čísly je měřená vzdálenost.

V zorném poli odečítacího mikroskopu (obr. 3) jsou současně vidět obrazy dvou čar milimetrové škály popsané velkými čísly a měřítková síť.

Indexem k odečítání celých milimetrů je nulový bisektor desetinných částí milimetrů. Na obr. 3 čára "162" prošla nulovým bisektorem a nejbližší čára "163"



Obrázek 3: část milimetrové škály s měřítkovou sítí.

ještě nedošla k nulovému bisektoru. V této vzdálenosti je počet desetín milimetru označen číslem bisektoru, přes který naposled čára prochází, v našem případě "2".

Odečtená hodnota setin a tisícín milimetru se provádí v horizontálním směru sítě tam, kde milimetrová čára bude přesně mezi bisektory. Na obr 3 je milimetrová čára mezi čtvrtým a pátým úsekem dělení sítě, což odpovídá 0,044 mm. Výsledná hodnota bude tedy 162,244 mm.

Pro zvýšení přesnosti měření se musí odečítání opakovat několikrát. Ke střední odečtené hodnotě je nutné přidat opravu uvedenou v korekční tabulce škály, přiložené k přístroji.

K získání přesných výsledků je nutné, aby měřená vzdálenost byla vertikální a měření obou bodů se konalo při téže azimutální zaměření.

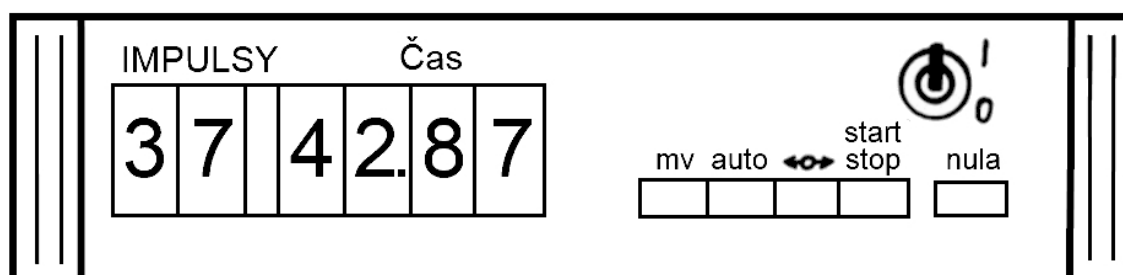
2 Elektronické stopky s počítadlem kyvů

Elektronické číslicové stopky umožňují přesné měření časů do 999 s s přesností $\pm 0,1$ s nebo do 99 s s přesností $\pm 0,01$ s. Chod stopek řídí přesná frekvence 100 Hz, získaná v odděleném panelu z oscilátoru, řízeného křemenným výbrusem. Nedílnou součástí stopek je čítač impulsů do celkového počtu 99, který lze připojit na fotoelektrický snímač. Vnitřní zapojení stopek je voleno tak, že počítadlem lze automaticky spouštět a zastavovat stopky. Na běžících stoopkách lze odečítat bez ovlivnění jejich chodu mezičasy.

2.1 Popis

Stopky jsou vestavěny do nízkého panelu: na čelní stěně je síťový vypínač, ovládací tlačítka a šest číslicových výboje, z nichž první dvě od leva indukují počet pulsů, další čtyři čas. Funkce tlačítek je shrnuta v tabulce 1.

Na zadní stěně stopek je síťový přívod, pojistka, konektory pro připojení fotoelektrického snímače, zdroje přesné frekvence 100 Hz a přepínač umožňující řídit stopky buď vnějším zdrojem frekvence nebo vnitřním zdrojem z frekvence sítě.



Obrázek 4: Elektronické stopky s počítadlem impulsů.

Označení tlačítka	Funkce tlačítka
mv (mezivýsledek)	Stlačením se na displeji stopek zastaví okamžitá hodnota mezičasu. Elektronika stopek počítá čas dál. Uvolnění tlačítka připojí displej opět k čítači a objeví se na něm běžící hodnota času.
auto	Zatlačením tlačítka se zapojí automatika, která na displeji ukáže mezičas, odpovídající nejbližše následujícímu pulsu na čítači impulsů. Automatika se vypojí opětným stisknutím tlačítka (a jeho uvolněním).
←○→	Volba polohy desetinné tečky: stisknutí způsobí posun desetinné tečky o jedno místo (jestli doleva či doprava záleží na okamžitém stavu)
Start/Stop	Zatlačením se spouští čítací obvody. Uvolněním se zastavují.
Nula	Stlačením se nulují oba čítače.

Tabulka 1: Popis tlačítek elektronických stopek s počítadlem kyvů.

3 Číslicový voltmetr M1T 330

Číslicový voltmetr M1T 330 slouží pro rychlé a přesné číslicové měření stejnosměrného napětí. Umožňuje přesné měření i za přítomnosti souhlasného a střídavého sériového rušivého napětí. Základní technické údaje jsou v tabulce 2.

Rozsah	Citlivost
300 mV	10 μ V
3 V	100 μ V
30 V	1 mV
300 V	10 mV
Vstupní odpor na rozsahu 300 mV - 30 V	$> 10^9 \Omega$
Vstupní odpor na rozsahu 300 V	$10 M\Omega \pm 1\%$
Vstupní proud na rozsahu 300 mV - 30 V	$I_{vst} < 10^{-9} \text{ A}$
Základní chyba měření v referenčních podmínkách po době náběhu přístroje 300 mV - 300 V	$\pm (0,01\% \text{ měřené hodnoty} + 0,01\% \text{ max. hodnoty měřicího rozsahu})$

Tabulka 2: Technické údaje voltmetru M1T 330.

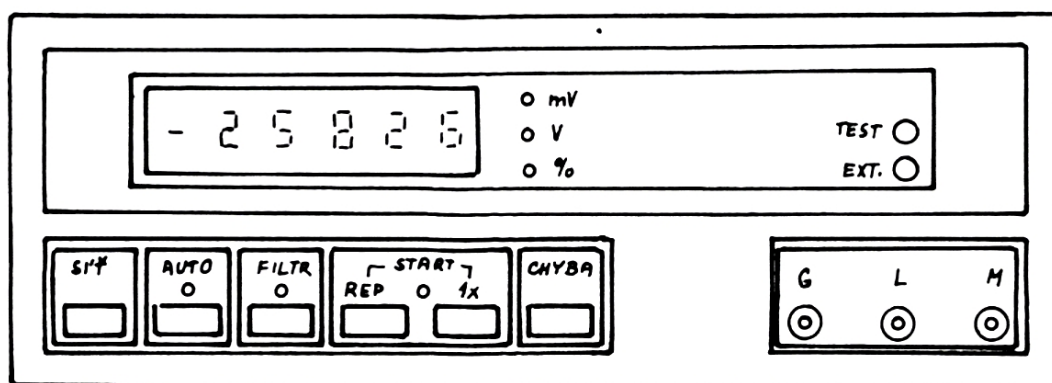
3.1 Konstrukce přístroje

- START REP: start měřicího cyklu spuštěného periodicky.
- START 1x: ostartování jednoho měřicího cyklu.

- AUTO: zadání automatické volby rozsahů (signalizováno LED indikací). V opačném případě je volba blokována a voltmetr měří na posledním rozsahu z automatické volby.
- FILTR: požadavek na číslicovou filtraci měřeného údaje. Voltmetr změří 8x vstupní napětí, hodnoty uloží do paměti mikropočítače a vypočítá aritmetický průměr změřených hodnot, který se zobrazí na table voltmetru.
- CHYBA: tlačítkem se zadává požadavek na zobrazení maximální možné chyby měřeného údaje dle základní chyby měření. Údaj odpovídající relativní chybě měření je zobrazen na table voltmetru po dobu asi tří sekund.

Zadání těchto funkcí tlačítkem je signalizováno LED indikací umístěnou nad příslušným tlačítkem. Na table je zobrazována velikost měřené hodnoty, rozměr měřené veličiny a signalizována porucha indikací TEST jako výsledek diagnostického testu.

- SVORKA G je vstupní svorka voltmetru, která slouží pro připojení plovoucího stínění do měřícího bodu.
- SVORKA L je vstupní svorka voltmetru spojená přímo nebo odporem o relativně nízké hodnotě se společným vodičem elektronických obvodů plovoucí části.
- SVORKA H je vstupní svorka voltmetru, která má při provozu větší impedanci proti společnému vodiči elektronických obvodů než svorka L.
- VNĚJŠÍ OCHRANNÁ SVORKA je umístěna na zadním panellu voltmetru a slouží pro uzemňování přístroje. Je spojena s kostrou přístroje.
- Svorky G a L jsou uvnitř přístroje propojeny, K jejich rozpojení dojde zasunutím banánku zkušební šňůry do svorky G.



Obrázek 5: Čelní panel digitálního voltmetru.

4 Technický kompenzátor METRA, vzor QTK

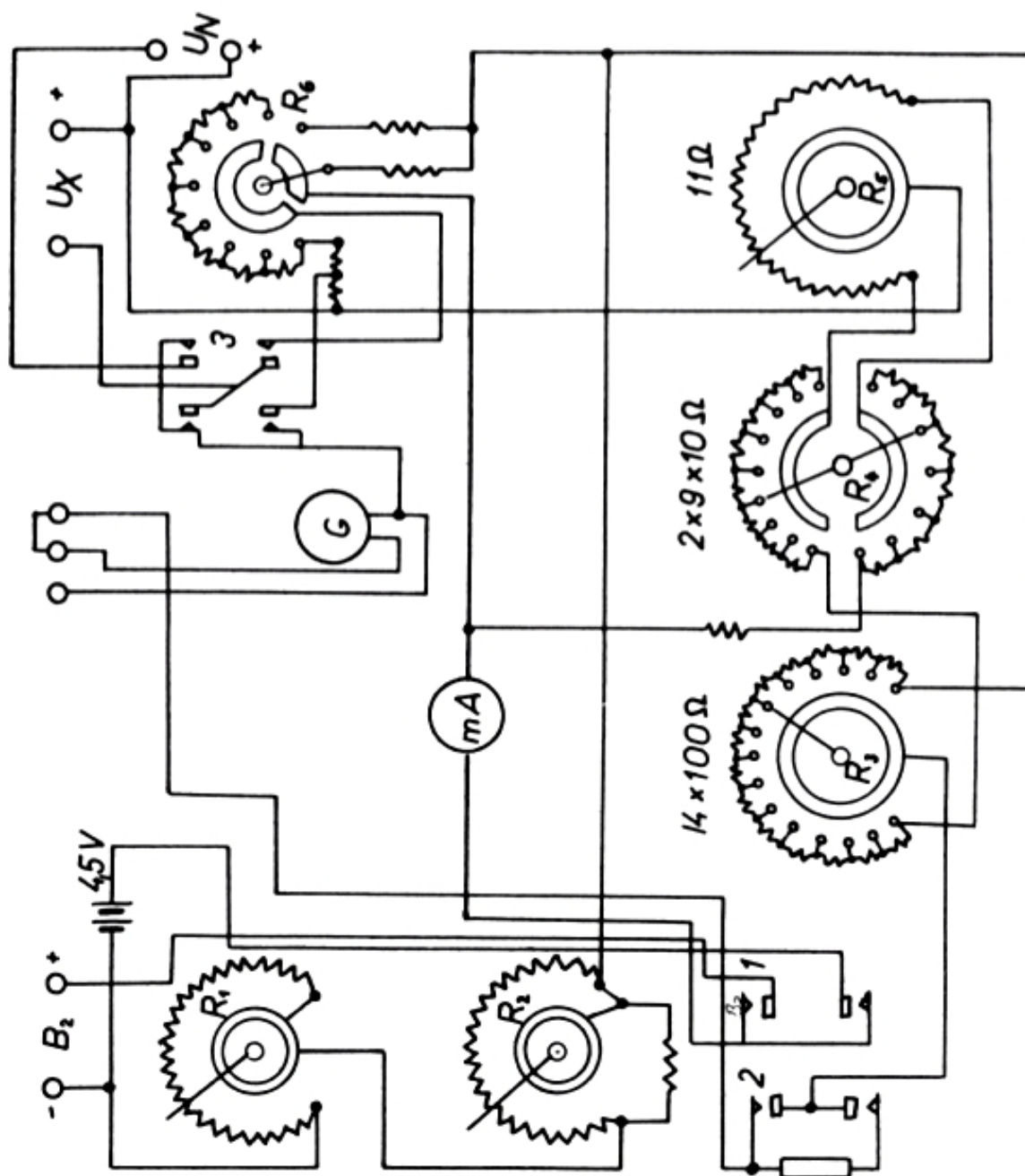
Technický kompenzátor je upraven z otočných odporů tak, že měřené napětí je možno jednoduše přímo odečíst. Dále je opatřen děličem napětí, který dovoluje měřit napětí od 1 mV do 600 V. Zapojení je znázorněno na obr. 6.

Vlastní můstkový odpor R je vytvořen třemi odporovými deskami R_3 , R_4 a R_5 . První má $14 \times 100 \Omega$, druhá je dvojitá a obsahuje dvakrát $9 \times 10 \Omega$, třetí je drátová a dovoluje spolehlivě nastavit jednu setinu celkové hodnoty, takže nahrazuje dvě dekády. Třetí deska má odpor 11Ω , který je rozdělen na 110 dílků. Střední dekáda je dvojitá a je upravena tak, že při jejím přestavování se nemění celkový proud procházející můstkem. Odpor můstkového potenciometru činí 1501Ω , takže při pomocném proudu $I_p = 1 \text{ mA}$ na něm vznikne potenciálový spád 1501 mV , čímž je dán základní rozsah kompenzátoru. Jeden dílek poslední dekády značí $1/15\,000$ plného rozsahu, takže při nejmenším rozsahu (15 mV) dovoluje měřit $1 \mu\text{V}$.

Souprava obsahuje jako zdroj pomocného proudu suchou baterii ($4,5 \text{ V}$), která je uzavřena ve zvláštním pouzdře snadno zvenčí přístupným posuvným víčkem. V obvodu baterie je složen přesmykač (1), který ve střední poloze obvod vypíná, při poloze vnitřní (dolů, k sobě) připojuje vloženou suchou baterii, při poloze vnější (nahoru, od sebe), dovoluje zapojit vnější baterii zapojenou na svorky B_2 . K regulaci pomocného proudu slouží dva otočné odpory R_1 (hrubý) a R_2 (jemný), pomocí nichž se pomocný proud nastaví přesně na 1 mA . Tato hodnota, o kterou se měření proudu opírá, je velmi přesně cejchována a na přístroji naznačena červenou ryskou. Pomocný proud lze nastavit při napětí pomocné baterie v mezích $3,6\text{--}4,6 \text{ V}$. Pro rychlé měření střední přesnosti nastavíme pomocný proud pomocí miliampérmetru. Při velmi přesných měřeních je možno pomocný proud nastavit a kontrolovat pomocí normálního Westonova článku, jak je to obvyklé u přesných kompenzátorů (rozsah $0 - 15 \text{ V}$). Normální článek se připojí na svorky U_N a připojí se k měřenému okruhu přesmykačem (3) v prostřední poloze.

V obvodu kompenzovaného napětí je zapojen citlivý galvanometr G s nulou uprostřed. Jeho odpor je asi 50Ω a jeho citlivost asi $0,25 \mu\text{A}/\text{dílek}$. K aretaci galvanometru slouží kovový knoflík na jeho tubu, jehož vytažením nahoru se galvanometr odaretuje, stlačením dolů se galvanometr aretuje. Otáčením tohoto knoflíku (po odaretování) doprava a doleva se zároveň reguluje nulová poloha odaretovaného přístroje. Do obvodu galvanometru je zapojen galvanoměřový přesmykač (2), pomocí něhož je galvanoměr buď vypojen (střední poloha), nebo zapojen přes ochranný odpor (poloha “hrubě”), nebo konečně zapojen přímo bez odporu (poloha “jemně”). Galvanoměřový přesmykač je opatřen mechanismem, který jej samočinně vrací do polohy “vypnuto”, netlačíme-li jej do některé z dříve uvedených poloh. Tím je chráněna citlivější část přístroje (galvanometr a normální článek).

Kompenzátor je dále opatřen děličovým přesmykačem (3). Ve střední poloze (U_N) je k



Obrázek 6: Zapojení kompenzátoru METRA.

měrnému systému připojen normální článek, který se připojuje na svorky označené “ U_N ” a který se používá při kontrole a k přesnému nastavení pomocného proudu.

Při postavení tohoto přepínače na označení “ $U_x - 1\,500\text{ mV}$ ” (na přístroji označeno červeně) se k měrnému napětí zapojenému na svorky “ U_x ” připojuje napěťový kompenzátor. Volíme z rozsahů 15 mV, 150 mV nebo 1 500 mV pomocí knoflíku R_6 . Zvolený rozsah se objeví v okénku pod knoflíkem a je vyznačen v červeném poli. Je-li přesmykač (3) v poloze označené bíle “ $U_x - 600\text{ V}$ ”, pak je napěťový dělič R_6 připojen na rozsahy 3 V, 15 V, 30 V, 60 V, 150 V nebo 600 V. Zapojený rozsah se při přepínání R_6 opět objeví v okénku pod R_6 na bílém podkladě.

Kompenzátor METRA QTK se hodí pro rychlá měření napětí od 1 μV do 600 V. Na nižších rozsazích až do 1 500 mV přitom měříme bez zatížení měřeného zdroje. Při rozsazích 3 - 600 V je zdroj naměřeného napětí zatížen děličem napětí o spotřebě až do 15 mA.

Kompenzátor metra je vhodný zejména pro následující měření:

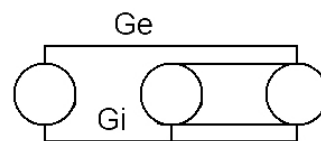
- Kontrola a cejchování voltmetrů
- Kontrola a cejchování ampérmetrů
- Kontrola a měření odporů

Přístroj je snadno přenosný a je zamontován do dřevěné skříňky.

4.1 Postup měření na kompenzátoru

4.1.1 Příprava kompenzátoru

Kompenzátor položíme přibližně do vodorovné polohy. Kovový knoflík na tubu galvanometru vytáhneme nahoru až na doraz, čímž je galvanometr odaretován. Pootáčením tohoto knoflíku doprava nebo doleva seřídíme galvanometr na nulu. Spojku galvanometru zapojíme podle obr. 7, čímž je zapojen galvanometr k můstku.



Chceme-li užít citlivějšího galvanometru (nepříklad zrcátkového), což je vhodné zejména při přesných měřeních v rozsahu 15 až 150 mV, vypneme kovovou spojku na prostřední závorce (obr. 8) a vnější galvanometr zapojíme mezi svorky označené “ G_e ”. Hodí se dobře galvanoměr s citlivostí asi $5 \cdot 10^{-9}\text{ A/mm/m}$ s vnitřním odporem kolem 100 Ω . Podle toho užíváme-li vnitřní nebo vnější baterie, dáme přesmykač (1) do příslušné polohy. Regulačními odpory R_1 a R_2 pro hrubou a pro jemnou regulaci nastavíme pomocný proud přesně 1 mA podle vmontovaného miliampérmetru.

Obrázek 7: Připojení galvanoměru k můstku.

Měrný rozsah	Konstanta	Měrný rozsah	Konstanta
15 mV	0.01	30 V	20
150 mV	0.10	60 V	40
1 500 mV	1.00	150 V	100
3 V	2.00	300 V	200
6 V	4.00	600 V	400
15 V	10.00		

Tabulka 3: Převodní činitel rozsahu galvanoměru

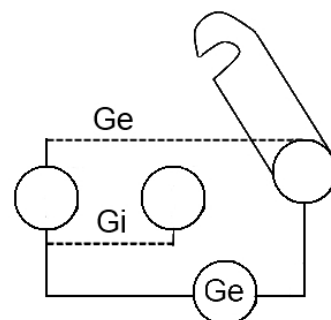
Chceme-li užít kompenzátoru pro zvlášť přesná měření, překontrolujeme nastavení pomocného proudu pomocí normální Westonova článku, který připojíme na svorky označené U_N . Tato kontrola se provádí na rozsahu 1 500 mV a vyšších následujícím způsobem: Dělič zůstane v poloze odpovídající měřenému rozsahu. Na dekádách kompenzátoru nastavíme hodnotu normálního článku (1 018,65 mV při 20°C). Přesmykač (3) přepneme do polohy “ U_N ”, stlačíme přesmykač galvanoměru (2) nejprve na “hrubě” a pozorujeme galvanoměr. Je-li potřeba, seřídíme jej pomocí odporů R_1 a R_2 na nulu. Pak přepneme do polohy “jemně” a doregulujeme. Pomocný proud má pak intenzitu přesně 1 mA a kompenzátor je připraven k měření.

Při zařazení rozsahů “15 mV” a “150 mV” nelze pomocný proud kontrolovat pomocí normálního článku, protože jeho napětí není na potenciometru obsaženo. O přesnosti miliampérmetru se však i v tomto případě můžeme přesvědčit tím, že provedeme cejchování miliampérmetru na některém vyšším rozsahu, například 1 500 mV.

4.1.2 Měření napětí do 1 500 mV

Měřené napětí privádíme na svorky U_x . Dělič napětí přepneme na rozsah nejbližší vyšší k měřenému napětí. Přesmykač (3) přepneme do polohy “0 - 1 500 mV”.

Dekády kompenzátoru předem nastavíme na hodnotu napětí odhadnutou podle údaje ručičkového přístroje. Přesmykač galvanometru (2) stlačíme “hrubě” a dekády kompenzátoru přestavíme tak, že galvanoměr ukáže nulu. Napětí odečtené na dekádách galvanoměru (jednotka je mV) pak násobíme příslušným převodním činitelem rozsahu, který je uveden v tabulce 3.



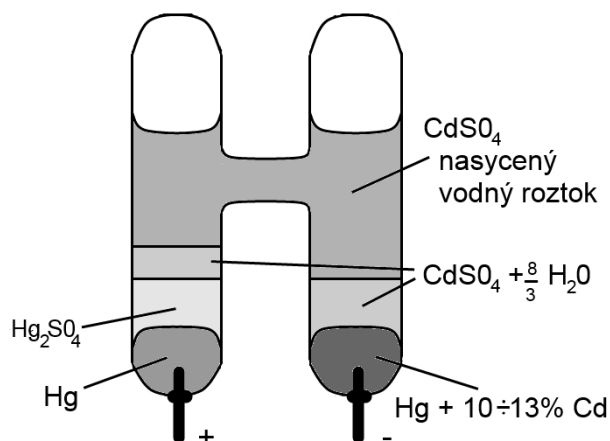
Obrázek 8: Odpojení přístrojového galvanoměru a zapojení galvanoměru vnějšího.

4.1.3 Měření napětí vyšších než 1 500 mV

Kompenzátor připravíme k měření. Dělič napětí přepneme na nejbližší vyšší rozsah k měřenému napětí. Přesmykač (3) přepneme do polohy “ $U_x - 600 \text{ V}$ ” Měřené napětí přivádíme na svorky “ U_x ”. Vyrovnání provedeme opět kondenzátorem. Hodnotu napětí odečteme na dekádách kompenzátoru v [mV] a násobíme ji příslušným převodním činitelem rozsahu podle tabulky 3.

4.1.4 Westonův normální článek

Westonův normální článek je elektrochemický zdroj přesného napětí s velkou dlouhodobou stabilitou. Jeho uspořádání je na obr.9. Je tvořen nádobkou ve tvaru “H”, v dolních uzavřených koncích obou ramen opatřená zatavenými platinovými elektrodami. Kladný pól tvoří kapka čisté rtuti nad níž je vrstva krystalů síranu rtuťnatého, překrytá vrstvou krystalů vodnatého síranu kademnatého. Záporný pól tvoří kapka rtuti v níž je rozpuštěno 10 až 13 % kadmia, na ní leží vrstva krystalů vodného síranu kademnatého. Elektrolyt tvoří nasycený vodný roztok síranu kademnatého. Článek má dlouhodobě stabilní napětí E , které je dáno rovnicí:



Obrázek 9: Westonův normální článek.

$$E = E_{20} - 4,06(t - 20)10^{-5} - 0,95(t - 20)^2 10^{-6}, \quad (1)$$

kde E_{20} je napětí článku při teplotě 20°C (tedy 1,018 V pro všechny články) a t značí teplotu. Pro běžné použití v praxi lze použít hodnotu $E = 1,01865 \text{ V}$.

Má-li Westonův článek dlouhodobě zachovat své vlastnosti normálu napětí, nesmí být zatížen proudem větším než 10^{-6} A , nesmí být vystaven otřesům a přirozeně nesmí být převrácen.

5 Malé zrcátkové a ručkové galvanometry Metra DGrz

Tyto galvanometry se používají k měření velmi malých proudů a napětí. Lze je použít buď jako citlivé indikátory s ručkou a stupnicí nebo jako zrcátkové galvanometry s obvyklou osvětlovací a odečítací soupravou.

Galvanometry mají deprezský systém. Otočná cívka je zavěšena na napjatých kovových vláknech, jež tvoří současně přívody proudu. Na cívce je upevněna nožová ručka k

Typ	Konstanta na 1 dílek při ručce ¹		Konstanta se zrcátkem na 1 mm/m ¹		Odpor přístroje [Ω]	Mezný od- por [Ω]	Doba kyvu netlumeného přístroje [s]
	10^{-6}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-6}			
	A	V	A	V			
DGrz 72310	1,0	180	25	4,5	50	130	2,0
DGrz 72311	0,3	600	7,5	15	500	1500	2,0

Tabulka 4: Technické údaje galvanometrů DGrz.

přímému čtení na stupnici a rovinné zrcátko pro použití přístroje jako zrcátkového galvanometru. Stupnice podložená zrcátkem je dělena na 12 x 30 dílků přibližně milimetrových s nulou uprostřed. Knoflíkem na vrcholu tubusu se koriguje nulová poloha ručky a aretuje systém: stlačením systém aretujeme, povytažením uvolníme, otáčením knoflíku seřídíme nulovou polohu ručky. Okénko stupnice je zakryto planparalelním sklem. Celý přístroj je uzavřen v dobře utěsněném pouzdře z umělé hmoty. Závěsné vlákno je poměrně silné, náhodná přetížení zvládá tedy přístroj dobře. Při obyčejných měřeních není třeba přístroj kontrolovat vodováhou. K přesným měřením se přístroj vyrovnává rektifikačními šrouby. Otáčivý systém je velmi lehký, i když je zatížen ručkou. Doba kyvu resp. doba zastavení je krátká, asi 2 s.

Galvanometry se vyrábějí ve dvou provedeních, které se v zásadě liší jen vnitřním odporem. Údaje v tabulce 4 jsou pouze přibližné.

6 Pyromet

Přístroj je konstruován pro rychlá a pohodlná měření vysokých teplot bez přímého styku s měřenou látkou, obzvláště v žíhacích, kalících a plamenových pecích. Lze jím měřit teplotu roztaveného nebo vytékajícího kovu, skloviny a žhavých bloků při kování, lisování, válcování apod. Mimo to je vhodný ke kontrole správnosti termoelektrických pyrometrů.

6.1 Princip činnosti

Každé těleso, zahřáté na určitou teplotu, vysílá do okolí tepelné záření, které obsahuje složky různých vlnových délek v rozmezí asi 200 - 20 000 nm. Při zvyšování teploty se zvyšuje celková energie tělesem vyzářená, která však není ve spektru vlnových délek rozdělena rovnoměrně, ale vykazuje pro určitou vlnovou délku maximum.

Podle Wienova posunovacího zákona s rostoucí absolutní teplotou tělesa se maximum

¹Napěťová citlivost platí pro galvanometr zapojený v sérii s mezným odporem při aperiodickém nastavení.

spektrálního vyzařování (monochromatického) posouvá ke kratším vlnovým délkám. S tímto zákonem souhlasí známá zkušenost, že tělesa vysílají při zvyšování teploty nejprve jen neviditelné dlouhovlnné tepelné záření, které přechází při teplotě okolo 500 °C do tmavorudé barvy. Se stoupající teplotou přechází barva tělesa od červené ke žluté, která se stává stále světlejší, až se barva světla při několika tisících stupních již téměř neliší od barvy 'bílého' slunečního světla, v jehož spektru je nejsilněji zastoupena žlutozelená barva o vlnové délce $\lambda = 500$ nm.

Je tedy možno určovat teplotu přibližně dle barvy nebo přesněji měřením celkového záření vysílaného tělesem, tzv. *teploměry založenými na celkovém záření* nebo měřením záření při určité vlnové délce tzv. *teploměry založenými na částečném záření*.

Na tomto posledním principu pracuje optický pyrometr **Pyromet**, u něhož se srovnává zářivost měřeného zdroje a vlákna pyrometrické žárovky při vlnové délce 650 nm (červená barva).

Spektrální vyzařovací schopnost A_λ absolutně černého tělesa byla zvolena rovna jedné, tedy u všech ostatních látek $A_\lambda < 1$.

6.2 Konstrukce

Optická část je v podstatě dalekohled s výsuvným objektivem, jímž se vytvoří obraz měřeného tělesa v rovině vlákna pyrometrické žárovky a s okulárem rovněž výsuvným, zaostřujícím vlákno žárovky.

Objektiv se skládá z trubky objektivu zašroubované v základním tělese pyrometru. V trubce pyrometru je zašroubováno pouzdro vyložené plstí, v němž se posouvá tubus s ploskovypuklou čočkou umístěnou v rýhované matici sloužící zároveň k vysouvání tubusu.

Okulár sestávající z ploskovypuklé čočky na vnitřní straně tubusu se posouvá ve víčku přístroje a má v hlavici zabudován otočně-výsuvný skleněný červený monochromatický filtr, který zachycuje světelná záření všech vlnových délek mimo červené paprsky s vlnovou délkou cca 650 nm. Pro zvýšení měřicího rozsahu se otáčením páčky vřadí mezi objektiv a žárovku filtr z temného neutrálního skla.

Elektrická část se skládá z pyrometrické žárovky žhavené 3 V baterií. Proud z baterie je regulovaný otočným reostatem a vypínacím tlačítkem. Paralelně k žárovce je zapojen deprezský voltmetr.

Pyrometrická žárovka je zatmelena ve speciální bakelitové patici a je cejchována v hodnotách teplot absolutně černého tělesa. V patici jsou zabudovány justovací odpory, kterými je každá žárovka přizpůsobena tak, že je možné použít kteroukoliv žárovku pro každý Pyromet. Samotná žárovka je umístěna v základním tělese mezi objektivem a okulárem tak, že pohyb vlákna žárovky (vrchol) leží v optické ose objektivu a okuláru, čímž je umožněno současné zaostření měřeného předmětu i vlákna žárovky. Není-li žárovka žhavena na víc než 1500 °C (při nižším rozsahu), její životnost je několik tisíc hodin. Prou-

dová spotřeba žárovky pro nastavení 1500 °C na základním rozsahu se pohybuje okolo 250 mA. Při přezhazování klesá životnost a zároveň i charakteristika, takže vznikají trvalé chyby.

Baterie o napětí 3 V se skládá ze dvou monočlánků 1,5 V. Články jsou vloženy do plechového pouzdra připevněného dvěma šrouby k soklu žárovky, které je chráněno bakelitovým pouzdem. Toto pouzdro slouží zároveň k držení přístroje při měření.

Reostat je uspořádán do kurhu. Natačení, jezdec ve smyslu pohybu hodinových ručiček z nulové polohy označené na víčku přístroje se zmenšuje sériový regulační odpor a tím se zvětšuje proud v pyrometrické žárovce. V nulové poloze sjede jezdec ze spirál. reostatu a rozpojí tak napájecí obvod.

Měřicí systém je v podstatě Deprez d'Arsonvalův voltmetr o rozsahu 1,5 V s proudovou spotřebou 5 mA, který je připojen paralelně k pyrometrické žárovce. Ručka přístroje ukazuje na stupnici teploty přímo ve stupních Celsia. Pyromet I má dva rozsahy: *nižší* 700 - 1 500 °C a *vyšší* 1 200 - 2 300 °C, případně až 3 500 °C

6.3 Postup při měření

- Zkontrolujeme, je-li ručka na nule. Pokud není, nastavíme ji šroubovákem přes šroub nulové korekce, který je na víčku přístroje.
- Dle předpokládané teploty zvolíme rozsah přístroje zasunutím/vysunutím filtru, tedy postavením páčky na 22 nebo 15.
- Pyrometr zamíříme na objekt, jehož teplota má být změřena.
- Posouváním okuláru zaostříme vlákno žárovky.
- Posouváním objektivu zaostříme měřený objekt. Vysouvání je nejplynulejší, když se současně provádí otočný pohyb. Pokud se měřené těleso jeví tak malé, že jej není možno pohodlně měřit, je potřeba zmenšit vzdálenost nebo zvětšit měřené těleso (například otvor pece).
- Zasuneme červený filtr. Při měření teplot do 900 °C je možno měřit bez zasunutého filtru; vyzařování těles za těchto teplot je ještě poměrně malé. Dopouštíme se tím ovšem případné chyby monochromatickosti, která je maximálně 20 °C!
- Stisknutím tlačítka zapojíme baterie. Až do odečtení teploty je třeba držet tlačítko stisknuté!
- Otáčením reostatu ve směru hodinových ručiček zbyšujeme proud v žárovce tak dlouho, až ohyb vlákna žárovky zmizí, tedy až má stejnou zářivost jako měřený předmět (tzn. i stejnou barvu). Nejpřesnějšího srovnání dosáhneme při postupném

přibližování se správné hodnotě z hodnoty nižší, než je měřená (vlákno vypadá tmavší než měřený předmět) na hodnotu vyšší (vlákno vypadá světlejší než měřený předmět) a opětovným snížením na nižší hodnotu.

- Takto změřená teplota se odečte na stupnici přístroje ve stupních Celsia.

6.3.1 Chyby měření

Přesnost měření na nižším rozsahu je $\pm 22^\circ\text{C}$, na vyšším rozsahu $\pm 35^\circ\text{C}$, Rozlišit je možno asi 5°C na nižším a 10°C na vyšším rozsahu. Osobní chyba může činit až 5°C na nižším a 10°C na vyšším rozsahu (tím je myšleno, že dva zapracovaní lidé mohou naměřit takto rozdílné hodnoty s týmž přístrojem).

Jak již bylo řečeno, pyromet je cejchován v hodnotách teplot absolutně černého tělesa, jehož spektrální vyzařovací schopnost je $A_\lambda = 1$. V praxi se této podmínce blíží jen měření teplot v uzavřených prostorech s malými otvory (pece, skříně, ...). Při měření teploty těles, které se značně liší od ideálních podmínek (tedy $A_\lambda < 1$) získáme údaj menší, než je skutečná teplota.

Přibližná vyzařovací schopnost některých kovů a slitin pro vlnovou délku $\lambda = 650\text{ nm}$ je v tab. 5.

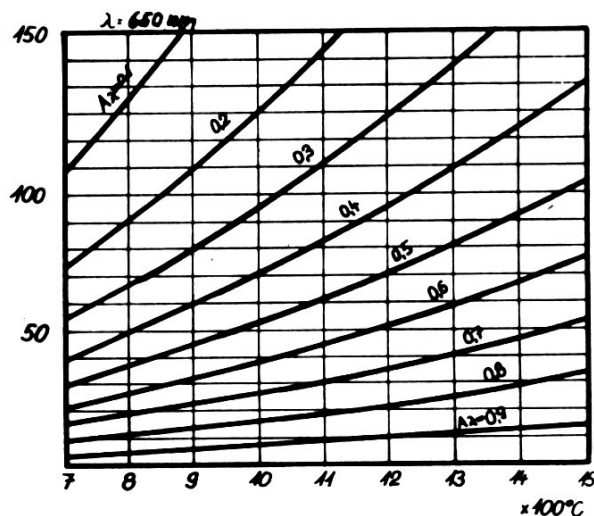
materiál	neoxidovaný		kysličník na hladkém povrchu
	tuhý	tekutý	
aluminium	-	-	0,22 ./ 0,4
cín	-	-	0,32 ./ 0,6
měď	0,1	0,15	0,6 ./ 0,8
olovo	-	-	0,32 ./ 0,6
stříbro	0,07	0,07	-
železo	0,35	0,37	0,63 ./ 0,98
chrom	0,34	0,39	0,7
molybden	0,37	0,40	-
nikl	0,36	0,37	0,85 ./ 0,96
platina	0,30	0,38	-
uhlík	0,93	-	-
wolfram	0,43	-	-
ocel	0,35	0,37	0,8
litina	0, 37	0,40	0,7
konstantan	0,35	-	0,84

Tabulka 5: Spektrální vyzařovací schopnost některých kovů a slitin.

Přídavné korekce k pyrometru pro $A_\lambda = 0,1 \div 0,9$ a vlnovou délku $\lambda = 650 \text{ nm}$ (tj. pro červenou barvu) jsou na obr. 10.

Vliv reflexe

Teplota tělesa, na něž dopadá teplotní záření nějakého jiného vysokoteplotního zdroje, se naměří vyšší, než je skutečná teplota. Tak například můžeme naměřit teplotu zdi, na níž dopadá sluneční záření o teplotě až 1200°C , ačkoliv skutečná teplota je jen několik stupňů Celsia. Je proto nutno při měření takové záření vyloučit nebo vzít v úvahu.

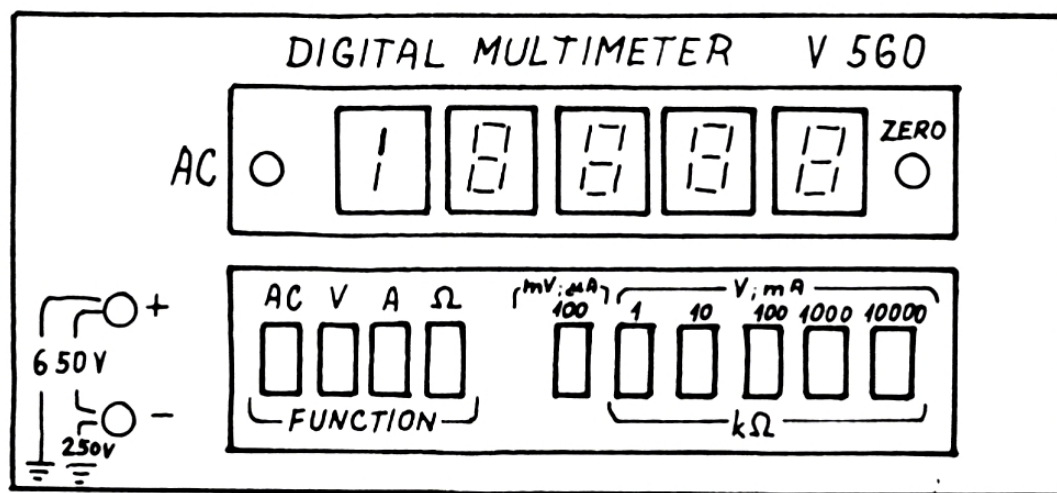


Vliv absorpce prostředí

Obrázek 10: Přídavné korekce k pyrometru.

Při měření teplotního zdroje přes kouřovou clonu, sklo apod. je údaj pyrometru nižší než jaká je skutečná teplota. Protože se nedá činitel absorpce přesně určit (a v případě kouřové clony nezmeříme ani její tloušťku), pokud možno se měření v těchto prostředích vyhýbáme.

7 Digitální multimetr V 560



Obrázek 11: Čelní panel digitálního multimetru.

Na čelním panelu je umístěno v horní polovině 5 okének displeje, vlevo od nich signálka, označena AC, signalizující měření střídavých veličin. V dolní polovině vlevo jsou 2 vstupní

svorky, vedle nich 2 skupiny ovládacích tlačítek. Tlačítka levé skupiny (Function) se volí druh měřené veličiny (V,A,Ω), tlačítkem AC se zapíná měření střídavého napětí a proudu. Tlačítka pravé skupiny se volí rozsah. Na zadní stěně je konektor pro síťový přívod, síťový vypínač (v pravém horním rohu při pohledu na čelní desku) a vývod vestavěného pomocného zdroje proudu 1 mA.

Měření stejnosměrných napětí	
Rozsahy	100 mV, 1 V, 10 V, 100 V, 1000 V
Chyba měření	rozsah 100 mV a 1 V: $\pm 0,1$ % měřené hodnoty rozsah 10 V, 100 V, 1000 V: $\pm 0,2$ % měřené hodnoty
Vstupní proud:	$5 \cdot 10^{-10}$ A
Vstupní odpor:	10 MΩ
Měření střídavých napětí	
Rozsahy	100 mV, 1 V, 10 V, 100 V, 1000 V
Chyba měření	rozsah 30 Hz - 10 kHz: $\pm 0,5$ % měřené hodnoty rozsah 10 kHz - 100 kHz: ± 5 % měřené hodnoty
Vstupní odpor:	10 MΩ
Vstupní kapacita:	75 pF
Měření stejnosměrných proudů	
Rozsahy	100 μA, 1 mA, 10 mA, 100 mA, 1 A
Chyba měření	$\pm 0,5$ % měřené hodnoty
Úbytek napětí na vstupu:	100 mV
Měření střídavých proudů	
Rozsahy	100 μA, 1 mA, 10 mA, 100 mA, 1 A
Chyba měření	$\pm 0,5$ % měřené hodnoty v rozsahu 30 Hz - 10 kHz
Úbytek napětí na vstupu:	100 mV
Měření odporů	
Rozsahy	10 Ω, 100 Ω čtyřbodovou metodou pomocí izolovaného zdroje proudu 10 mA 1 k Ω, 10 k Ω, 100 k Ω, 1 M Ω, 10 M Ω přímo na vstupních svorkách multimetru
Chyba měření	$\pm 0,5$ % měřené hodnoty

Tabulka 6: Technické parametry multimetru.

8 Osciloskop T 531

Osciloskop T 531 je univerzální přístroj pro pozorování elektrického napětí od nejnižších kmitočtů (stejnosměrných napětí) až do 2 MHz. Lze jím sledovat periodické i neperiodické

(přechodné) děje o napětí 10 mV - 500 V. Přístroj se napájí ze sítě střídavého proudu 50 - 60 Hz, 200 - 240 V.

- **Obrazovka**

- Citlivost bez zesilovačů je svisle 12 V na 1 cm výšky obrazu, vodorovně 14 V na 1 cm. Pro porovnávání dějů vyšších kmitočtů než přenášejí vestavěné zesilovače, jsou vyvedeny destičky přes kondenzátory 0,25 μ F ke zdírkám na zadní straně osciloskopu.

- **Vertikální zesilovač**

- Nejvyšší citlivost je 20 mV_{ss}/cm - 10 mV_{ef}/cm. Plynule říditelné zesílení v rozsahu 1/10 a zeslabovačem je 1:1, 1:10, 1:100 a 1:1000. Frekvenční rozsah je 0 - 1 MHz, stále zesílení s nejvyšší odchylkou je 3 dB. Zesiluje kmitočty do 2 MHz. Fázová věrnost je 0 - 100 kHz. Vstupní impedance je 2 M Ω , 30 pF.
- Vstupy: jeden pól je uzemněn nebo symetricky proti zemi, přímo pro stejnosměrná i střídavá napětí nebo přes kondenzátory 0,25 μ F pouze pro střídavá napětí. Maximální vstupní napětí je 500 V.

- **Horizontální zesilovač**

- Nejvyšší citlivost je 300 mV_{ss}/cm - 100. Plynule říditelné zesílení v rozsahu 1:10 a zeslabovačem je 1:10. Frekvenční rozsah je 0 - 0,5 MHz, stále zesílení s nejvyšší odchylkou je 3 dB. Zesiluje kmitočty do 1 MHz. Fázová věrnost je 0 - 70 kHz. Vstupní impedance je 2 M Ω , 30 pF. mV_{ef}/cm.
- Vstupy: jeden pól je uzemněn nebo symetricky proti zemi, přímo pro stejnosměrná i střídavá napětí nebo přes kondenzátory 0,25 μ F pouze pro střídavá napětí. Maximální vstupní napětí je 500 V.

- **Časová základna**

- Kmitočet je 1,5 - 30 000 Hz, připojením vnějšího kondenzátoru jej lze snížit na 1/10 Hz a méně.
- Synchronizace časové základny se provádí buď pozorovným napětím nebo síťovým kmitočtem nebo napětím přiváděným zvlášť.
- Jednorázový kmit: rychlost obdobná rychlosti časové základny. Spouští se kladným impulsem napětí asi 30 V nebo spojením dvou zdírek pomocným kontaktem.

8.1 Význam a funkce ovládacích knoflíků

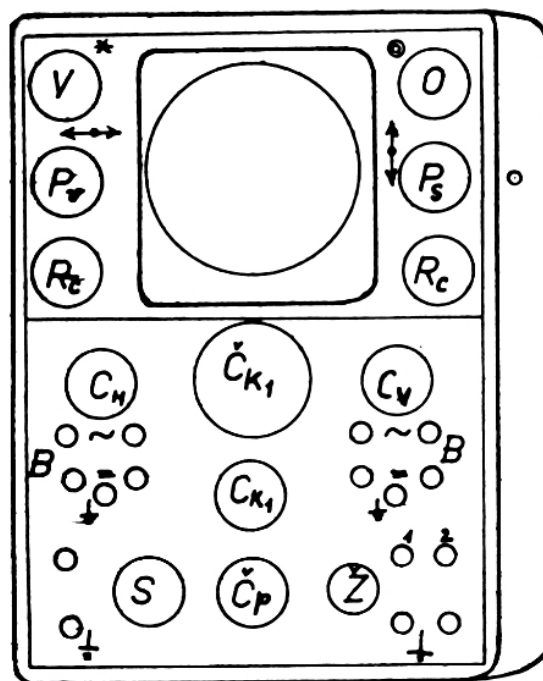
- Síťový vypínač
 - je kombinován s řízením svítivosti obrazu
 - Knoflík V
- Svítivost obrazu
 - Knoflík V, první knoflík nahoře
 - Otáčením tohoto knoflíku doprava rozsvěčíme obraz, doleva jej zhasínáme. Dalším otáčením doleva, až uslyšíme klapnutí síťového vypínače, přístroj vypínáme.

- Ostrost obrazu, posuv

- První knoflík vpravo nahoře
- Otáčíme knoflíkem do polohy, v níž je obraz nejostřejší.
- Po obou stranách obrazovky, pod knoflíky pro nastavení svítivosti a zaostření obrazu, jsou umístěny knoflíky pro posuv obrazu.

* *Levým* knoflíkem nastavujeme polohu obrazu (bodu) ve *vodorovném* směru.

* *Pravým* knoflíkem nastavujeme polohu ve *svislém* směru.



Obrázek 12: Čelní stěna osciloskopu.

- Citlivost jemně
 - Reguátory citlivosti jsou umístěny pod knoflíky nahoře.
 - Otáčením nastavujeme velikost obrazu v poměru 1:10.
- Kompenzace
 - Kompenzační odpor vylučuje případný pohyb bodu svislým směrem při otáčení pravého knoflíku *citlivost*.

- Nastavuje se otvorem v pravé postranní stěně.
- Knoflík *citlivost* otočíme co nejvíce doprava. Knoflíkem pro svislý posun obrazu, který je umístěn nad ním, nastavíme bod přibližně doprostřed stínítka. Po otočení knoflíku zesílení úplně doleva vykompenzujeme posuv bodu regulačním odporem, přístupným otvorem v postranním krytu.
- Citlivost hrubě
 - Knoflíky jsou umístěny pod knoflíky pro jemnou regulaci.
 - Nastavuje se jimi citlivost zesilovačů ve stupních 1:10.
 - Citlivost svisle vychylujícího se zesilovače je 1:100.
- Vstupní zdířky
 - Jsou umístěny pod regulátory citlivosti.
 - Do vstupu zesilovače můžeme přivádět napětí s jedním pólem uzemněným nebo souměrná napětí (viz dále).
 - Horní pár zdírek slouží k pozorování *střídavých napětí*, protože kondenzátory zapojené do série s těmito zdírkami vylučují stejnosměrnou složku, časová konstanta je 0,5 s.
 - Spodní pár zdírek je zapojen přímo na mřížky vstupních elektronek, takže zesilovač přenáší i *stejnosměrná napětí*. Spodní zdírka označená jako země je spojena s kostrou přístroje a používá se pro připojení "uzeměného pólu" pozorovaného napětí. Druhý živý pól přivádíme k některé ze 4 vstupních zdírek.
- Polarita vstupních zdírek
 - V pravých zdírkách způsobuje kladné napětí výchylka doprava (nahoru), v levých doleva (dolů).
 - Přivádíme-li neuzeměné napětí k oběma vstupním zdírkám (pravé i levé), odpovídá pohyb bodu rozdílu obou napětí. Přitom mohou obě napětí souhlasně značně kolísat, aniž by se toto kolísání projevilo na obrazovce, díky velké záporné zpětné vazbě zesilovače.
- Uzemění nepoužitého vstupu
 - Používáme-li pravého stupu zesilovače pro zesílení napětí s jedním pólem uzemněným, druhý nepoužitý vstup musíme spojit spojkou na zem, protože jinak nejsou vyšší frekvence zesilovače správně zesilovány.

- Časová základna

- Ovládací knoflíky časové základy jsou umístěny uprostřed pod obrazovkou, nejniž je kombinační přepínač ovládající činnost základny.
- V první poloze přepínače (horizontální zesílení) je základna odpojena, v poloze 2 - 4 základna pracuje.
- Šířku obrazu ovládáme regulací citlivosti vodorovného zesilovače pomocí dvou regulátorů.
- Napětí rázového generátoru je možné odebírat ze spodní zdířky označené Ext.C.

- Synchronizace

- Časová základna přepnutá do *druhé* polohy kombinačního přepínače (Int. Sync.) je ovlivňována (synchronizována) pozorovaným napětím.
- Pro synchronizaci časové základny napětím, přiváděným z vnějšku, přepneme přepínač do *třetí* polohy (Ext. Sync.), napětí připojíme ke zdírkám vlevo dole.
- *Čtvrtá* poloha, označená 50 per, synchronizuje časovou základnu sítovým kmitočtem.
- *Pátá* poloha se používá pro jednorázovou časovou základnu, ovládanou z vnějšku.
- Míru synchronizace časové základny ovlivňujeme knoflíkem vlevo od kombinačního přepínače.

- Kmitočet časové základny

- Dva střední knoflíky umístěné pod obrazovkou nastavují kmitočet časové základny.
- Spodní knoflík slouží k hrubému nastavení, čísla mezi jednotlivými polohami udávají přibližně kmitočet.
- Horní knoflík slouží k jemné regulaci.
- *Násobíme-li čísla na jejím obvodu nižším číslem hrubé regulace, dostaneme přibližnou hodnotu kmitočtu v Hz (kHz)*

- Automatická časová základna

- Otáčíme-li knoflíkem jemné regulace úplně doprava do polohy označené AUT., přestane časová základna pracovat, dokud do vstupních zdírek nepřivedeme přiměřeně velké napětí, které chceme pozorovat. Dostaneme tedy při plném synchronizačním napětí poloautomatickou funkci časové základny.
- Pouhým přepínáním knoflíku pro pro hrubou regulaci kmitočtu nastavíme vhodný počet vln na obrazovce. Zdířky vpravo dole, označené MOD, slouží k ovládání svítivosti paprsku vnějším modulačním napětím.

- Pokud chceme nižší kmitočet časové základny, než který lze docílit první polohou hrubého regulátoru kmitočtu, ke zdírkám EXT.C. se připojuje kondenzátor (při jendorázovém spouštění apod.)

8.2 Nastavení a používání zesilovačů

Nejjednodušší použití osciloskopů je použití obou párů vychylovacích destiček bez časové základny. Tímto způsobem můžeme porovnávat průběhy obou napětí o shodném základním kmitočtu a jejich vzájemnou fázi. Pomocí Lissajousových obrazců můžeme zajišťovat násobky kmitočtů menších než 100 kHz, resp. nezáleží-li nám přesně na jejich fázi, až do 2 MHz, použijeme vestavěných zesilovačů. Napětí o vyšším kmitočtu přivádíme pomocí zdírek (pozor na kolíčky, které odpojují zesilovače) na zadní stěně osciloskopu přes vazební kondenzátory přímo na destičky obrazovky (časová konstanta 0,1 s).

Ještě před přivedením napětí ke vstupním zdírkám musíme osciloskop k tomuto měření připravit. Kombinační přepínač uvedeme do první polohy označené HORIZ. ZES.. Oběma hořejšími knoflíky nastavíme požadovanou jasnost a ostrost bodu a pomocí knoflíků pro vodorovný a svislý posun umístíme světlý bod do středu stínítka. Dále se přesvědčíme, zda otáčením knoflíku *citlivost* se světelný bod neposunuje. Pokud se bod při otáčení pravého knoflíku pohyboval ve směru svislém, vyloučíme tento vliv pomocí kompenzačního odporu, nastavitelného otvorem v pravé postranní stěně. Knoflík citlivosti otočíme nejprve nejvíce doprava. Knoflíkem pro svislý posun obrazu, který je umístěny nad ním, nastavíme bod přibližně doprostřed stínítka. Po stočení knoflíku *zesílení* úplně doleva vykompenzujeme posuv bodu regulačním odporem, přístupným otvorem v postranním krytu.

Pozorovaná napětí přivádíme ke vstupním zdírkám dvěma způsoby:

- **Napětí s jedním pólem uzeměným**

Uzeměný pól spojíme se zdírkou uprostřed pod vstupními zdírkami (ozn. zem.). Živý pól napětí zasuneme do některé ze vstupních zdírek. Přitom si uvědomíme, že hoření zdírky přenáší pouze střídavé složky napětí (časová konstanta je 0,2 s). Spodní zdírky přenáší pouze stejnosměrné složky, na nichž je případně střídavé napětí superponováno. Levé a pravé zdírky mají opačnou polaritu. Vzhledem k tomu, že zesilovače přenáší i stejnosměrná napětí, můžeme pozorovat vzájemnou závislost i velmi pomalých jevů, regulací apod.

- **Napětí souměrná proti zemi**

Napětí přivádíme u svisle vychylujícího zesilovače do obou zdírek (levé i pravé) současně. Souměrnost musí být dokonalá, protože vestavěný zesilovač bude přenášet v tomto případě rozdíl obou napětí, přiváděných ke vstupním zdírkám

U svisle vychylujícího zesilovače musí být druhý, nepoužitý vstup uzeměn, neboť jinak nepřenáší zesilovač vyšší kmitočty rovnoměrně.

8.3 Pozorování průběhu periodických napětí rozvinutých ve- stavěnou časovou základnou

Přípravu přístroje provedeme shodně s předchozím odstavcem. Po kontrole vyrovnaní zesilovače přepojíme kombinační přepínač do druhé poloviny, označené INT SYNC.. Tím se spustí časová základna. Její kmitočet je ovlivňován (synchronizován) kmitočtem pozorovaného napětí.

• Odebírání pilových kmitů

Pilové napětí časové základny můžeme odebírat ze spodní zdířky EXT. C.. Šířku obrazu řídíme knoflíkem pro jemnou regulaci citlivosti. Regulátor synchronizace (vlevo od kombinačního přepínače) otočíme co nejvíce doprava. Ke vstupním zdírkám svislého zesilovače přivedeme měřené napětí a oběma regulátory citlivosti nastavíme výšku obrazu asi 4 cm. Otočíme-li knoflík hrubého regulace časové základny jemně úplně doprava (do polohy AUT), můžeme přepínáním hrubého regulátoru časové základny zastavit počet vln na stínítku.

• Časová lupa

Pomocí regulátoru citlivosti vodorovného zesilovače můžeme pak tyto průběhy roztáhnout ve směru vodorovném. Obdobně můžeme zvětšit citlivost svislého zesilovače a vhodným posunem obrazu vyjmout z pozorovaného průběhu část, která nás nejvíce zajímá a pozorovat ji na stínítku obrazovky v několikanásobném zvětšení. Tento způsob práce je umožněn vestavěnými stejnosměrnými zesilovači, které se při přebuzení nepřehlcují. Nastavení kmitočtů časové základny je popsáno na str. 46!!!!

8.4 Pozorování tvaru fáze a napětí o známém pevném kmitočtu

Postupujeme podle předchozího bodu, jen kombinační přepínač přepojíme do třetí polohy označené EXT.SYNC.. V tomto případě je časová základna synchronizována vnějším napětím, přiváděným ke zdírkám vlevo dole. Toto napětí má být asi 30 V. Je-li napětí nižší, je nutno použít vhodný zesilovač. Má-li toto napětí kmitočet shodný s napětím pozorovaným, zachytíme obraz na stínítku podobně jako v předchozím případě. Nahradíme-li pak toto napětí jiným o stejném kmitočtu (například odebíraným z jiného místa zesilovače apod.), určíme nám vzájemná poloha těchto napětí na stínítku přímo fázi, neboť časová základna je synchronizována nezávisle na tvaru, velikosti a fázi pozorovaného napětí.

8.5 Pozorování tvaru a napětí o síťovém kmitočtu

Postupujeme obdobně jako v předchozích dvou případech, avšak kombinační přepínač přepneme do polohy SYNC 50. per. Časová základna je potom ovlivňována síťovým kmitočtem obdebíraným z vestavěného transformátoru. Vzájemnou fázi a tvar pozorovaných průběhů zjišťujeme z jejich vzájemné polohy na stínítku. Pro síťový kmitočet je nejvýhodnější první poloha hrubé regulace časové základny a jemný regulátor v poloze AUT. Můžeme též pracovat ve druhé, třetí a čtvrté časové poloze přepínače při vhodném nastavení jemné regulace.

8.6 Pozorování jednou probíhajícími jevy

Přepodkládáme, že osciloskop je připraven k provozu dle některého z případů 8.3, 8.4, 8.5.

8.6.1 Použití jako synchroskop

Pozorovaný jev potřebujeme rozvinout za velmi krátkou dobu, trvající několik milisekund. K tomuto účelu použijeme elektrického spouštění jednorázového kmitu krátkými kladnými impulsy. Tyto impulsy dostaneme buď elektricky odvozením z pozorovaného jevu nebo pomocí vhodného spínače, spřaženého se spínačem soustředícím pozorovaný jev.

Pozorované napětí připojíme ke vstupním zdírkám svislého zesilovače, jehož citlivost nařídíme podle potřeby. Kombinační přepínač dáme do polohy EXT. SYNC. a knoflík jemné regulace časové základny do polohy AUT. Časová základna nepracuje, ale bude spouštěna kladnými impulsy (maximálně asi 30 V), přiváděnými ke zdírkám synchronizace vlevo dole. Impuls musí být kratší než je nastavená doba kmitočtu časové základny. Delší impulsy časovou základnu nespustí. Regulátor synchronizace otočíme co nejvíce doprava. Rychlost časového rozvinutí pozorovaného jevu nastavíme stupňovitě hrubým přepínačem časové základny. Takto můžeme při velké rychlosti časové základny pozorovat i periodické jevy, např. zakmitávání různých okruhů, způsobené periodickými impulsy apod..

8.6.2 Pozorovaný děj je velmi pomalý

Kombinační přepínač dáme do polohy označené 1x. Spojíme-li v této poloze přepínače synchronizační zdírky do zkratu, spustíme tím jednorázový kmit časové základny. Znovu se časová základna spustí teprve po rozepnutí těchto svorek jejich opětovným sepnutím. Připojením velkých kondenzátorů (několik μF a více) do zdírek označených EXT. C. vpravo dole, můžeme rychlost časového rozvinutí dle potřeby zmenšit. Můžeme použít elektrolytických kondenzátorů pro napětí nejméně 350 V_s.

8.7 Modulace světelného paprsku

V některých případech je třeba modulovat svítivost paprsku obrazovky. Je to výhodné u jednou porbíhajících jevů, když chceme získat přesné časové měřítko nebo když potřebujeme zmenšit/zvětšit světelnost některých částí obrazu. Vhodné modulační napětí (5 - 15 V) přivádíme ke zdířce MOD.

9 RC generátor TESLA BM 365

RC generátor Tesla BM 365 je zdroj nízkofrekvenčního sinusového napětí s malým zkreslením a širokým rozsahem kmitočtů.

9.1 Popis

RC generátor Tesla BM 365 pracuje na principu pozitivní zpětné vazby Wienovým členem². Oscilační elektronka má automatické vyrovnávání oscilačního napětí pomocí žárovkové stabilizace. Změna rozsahů se provádí přepínáním odporů ve Wienově členu a plynulá změna kmitočtu dvojitým otočným kondenzátorem. Aby zatížení výstupu neovlivňovalo kmitočet oscilátoru, je na výstupu zařazen katodový sledovač. Výstupní napětí 10 V je možno snižovat dekadickým děličem 1:1, 1:10, 1:100 a 1:1000. Plynulá změna výstupního napětí se provádí potenciometrem zařazeným před děličem.

9.2 Připojení na síť

Před připojením na síť se přesvědčíme, zda je přístroj připojen na správné napětí. Přepojení se provádí kotoučkem přepínače na zadní straně přístroje. Vedle voliče síťového napětí je síťová pojistka, kteou při přepojení přístroje na jiné síťové napětí je třeba vyměnit. Hodnoty pojistek pro napětí 120 V a 220 V jsou uvedeny v odstavci 9.4

9.3 Uvedení do chodu

RC generátor zapínáme a vypínáme otočením knoflíku K4. Zapnutí přístroje signalizuje žárovka Ž. Po zapnutí necháme přístroj tepelně ustálit asi 15 minut. Nastavení požadovaného kmitočtu provádíme knoflíky **K2** a **K3**. Knoflíkem **K2** nastavíme rozsah a přesně dostavíme kmitočet knoflíkem **K3**. Výstupní napětí můžeme odebírat buď ne-regulované, tj. 10 V, ze svorek **S1** - **S3**, nebo regulované ze svorek **S2** - **S3**. Regulaci výstupního napětí provádíme stupňovitě knoflíkem **K1** (přepínač dekadického děliče) a

²Tento článek patří mezi složitější RC členy. Je složený ze 2 rezistorů a 2 kondenzátorů. Prakticky tvoří pásmovou propust RC.

jemně knoflíkem **K4**. Rozsahy regulace výstupního napětí jsou 0 - 1 mV, 0 - 10 mV, 0 - 100 mV, 0 - 1 V, 0 - 10 V.

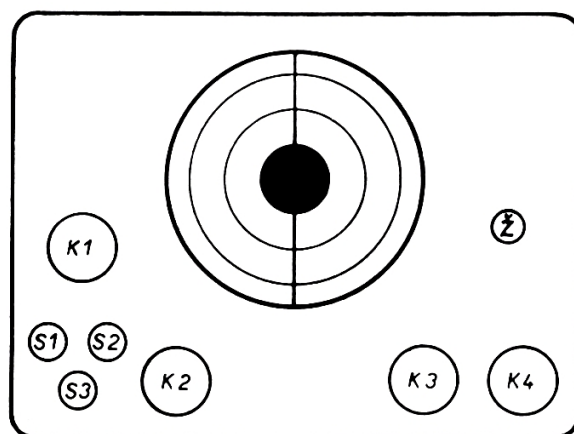
9.4 Technické údaje

Kmitočtový rozsah:	25 Hz - 32 kHz
Rozsahy kmitočtů	25 Hz - 150 Hz - 900 Hz - 5,4 kHz - 32 kHz
Přesnost odečítání kmitočtu:	$\pm 1,5\%$ nebo ± 3 Hz
Stálost kmitočtu s časem:	$\pm 1,5\%$
Zkreslení:	na rozsahu I 2%, na ostatních 1%.
Výstupní napětí	10 V $\pm$ 1,5 dB
Rozsahy děliče	10 V; 1 V; 100 V; 1mV
Přesnost děliče	$\pm 10\%$
Stálost kmitočtu	Při změně síťového napětí o $\pm 10\%$ a ostatních vlivech $\pm 1\%$
Napájení	síťovým napětím 220 V nebo 120 V, 50 Hz
Spotřeba	cca 25 W
Jištění	tavnou pojistkou v síťovém obvodu pro 120 V pojistka 0,4 A pro 220 V pojistka 0,2 A
Osazení	2 x 6 F 32, 6 L 31, 6 Z 31

10 RG generátor TESLA BM 218a (TESLA BM 344)

RC generátor Tesla typ BM 218a má široké použití v měřící technice. Lze jej použít všude tam, kde potřebujeme stabilní zdroj kmitočtů v rozsahu 20 c/s - 1,2 Mc/s a kde požadujeme velké výstupní napětí, frekvenční stabilitu a malé kreslení.

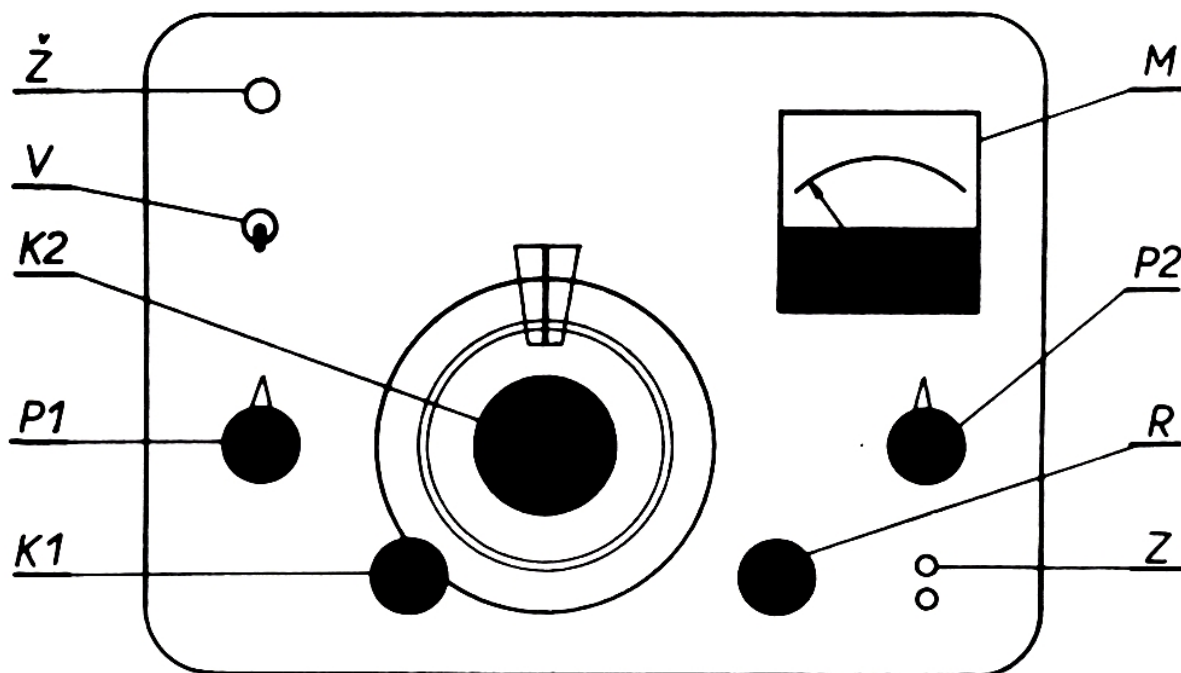
Výhodou přístroje je možnost stálé kontroly výstupního napětí vestavěným elektronickým voltmetrem.



10.1 Obsluha

Při provozu není nutno přístroj uzemňovat, nebo jeho kryt je zapojen přívodní síťovou šňůrkou na ochranný vodič.

Obrázek 13: RC generátor Tesla BM 365.



Obrázek 14: RG generátor TESLA BM 218a

- | | |
|------------------------------|--|
| Ž: signální žárovka | K1: jemné nastavení kmitočtu |
| Z: výstupní zdířky | V: vypínač sítě |
| K2: hrubé nastavení kmitočtu | P2: dělič výstupního napětí |
| P1: přepínač rozsahů | R: jemná manipulace výstupního napětí ($R = R_{26}$) |
| M: měřidlo výstupního napětí | |

Celý frekvenční rozsah je rozdělen do 5 pásem. Pro rozsahy I až 1, tj. do 200 kc/s, platí jediná stupnice: vnější, pro rozsah V je samostatná stupnice - vnitřní. Žádaný kmitočtový rozsah nastavíme přepínačem **P1**.

Kmitočet generátoru nastavíme hrubě knoflíkem **K2** a jemně knoflíkem **K1**. Výstupní zdířky jsou na obr. 14 označeny **Z**.

Výstupní napětí generátoru 10 V lze zmenšovat přepínačem **P2** po skocích až na 0,003 V. V jednotlivých stupních regulujeme tato napětí plynule potenciometrem **R**. Kontrolu nastaveného výstupního napětí umožňuje vestavěný diodový voltmetr s měřícím přístrojem **M**, jehož stupnice má zvláštní dělení pro rozsah 10 V a 3 V. Na zadní stěně přístroje jsou otvory, do nichž vyúsťuje osak potenciometru kladné vazby, jímž můžeme nastavit výstupní napětí až na asi 15 V a oska odbručovače.

Frekvenční rozsah:	20 c/s - 1,2 Mc/s kHz	(20 c/s - 1,4 Mc/s)
Rozsahy:	I 20 - 200 c/s	
	II 200 - 2000 c/s	
	III 2 - 20 kc/s	
	IV 20 - 200 kc/s	
	V 0,2 - 1,2 Mc/s	(0,2 - 1,4 Mc/s)
Přesnost frekvenční stupnice po 1 hod. zahřátí:	I $\pm 3\%$	($\pm 2\%$)
	II-IV $\pm 3\%$	(-)
	V $\pm 5\%$	(neudán)
Zkreslení:	Závisí na nastavení frekvenční stupnice. V rozsahu I - IV je pro nastavení frekvenční stupnice 20 - 100 zkreslení 1,5% (0,5%), pro 100-200 je větší.	
Výstupní napětí	Plynule nastavitelné potenciometrem od 0 V do 10 V. Potenciometrem kladné vazby lze v případě potřeby nastavit až cca 15 V - při větším zkreslení a se změnou frekvence na V. rozsahu.	
Stupňovité ovládání výstup. napětí děličem:	10 V; 3 V; 1 V; 0,3 V; 0,1 V; 0,03 V; 0,01 V; 0,003 V	
	cca 150, 2k (600), 200, 20	
Frekvenční charakteristika	v celém rozsahu $\pm 1,5$ dB	
Napájení	síťovým napětím 220 V nebo 120 V, 50 c/s	
Jištění	pro 120 V síťová pojistka 1,6 A pro 220 V síťová pojistka 1 A anodová pojistka 0,16 A	
Spotřeba	cca 80 W	
Rozměry	šířka: 320 mm výška 265 mm hloubka 225 mm	
Hmotnost	10,2 kg	