

Základní měření s výhylkovými multimetry – pokyny k měření

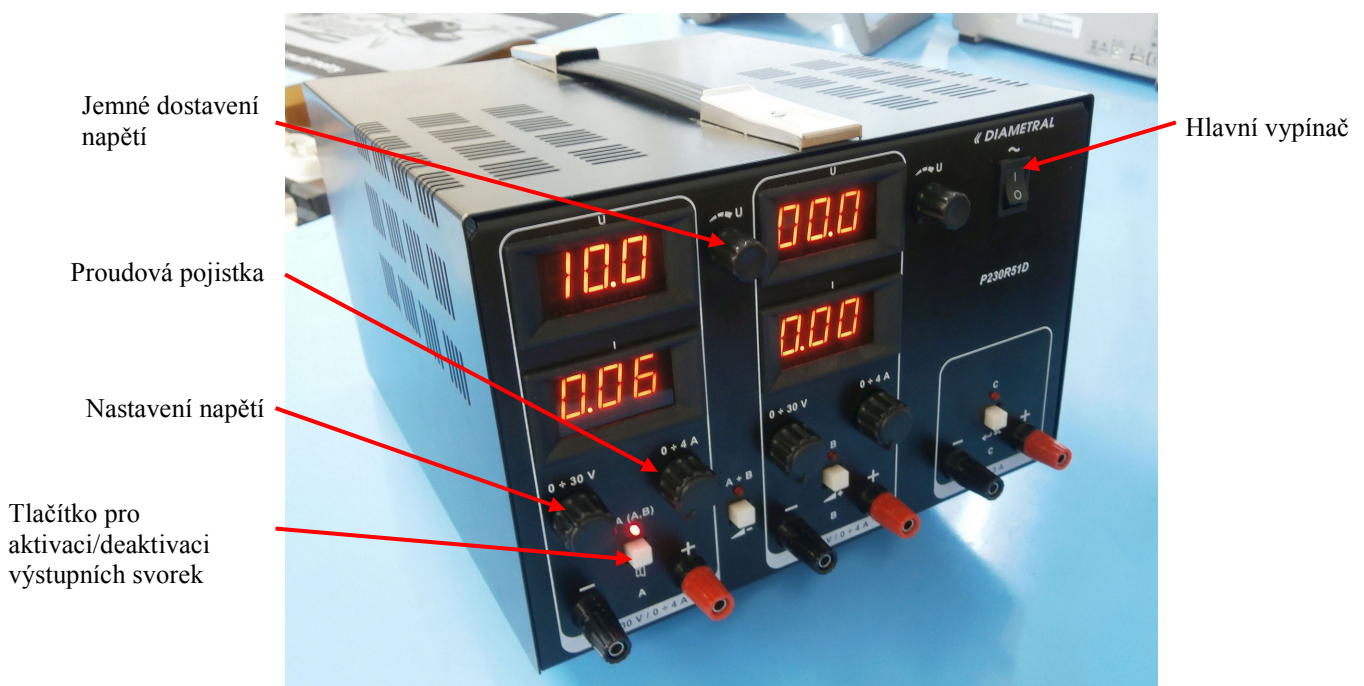
Laboratorní cvičení č. 1

Zadání:

1. Naučte se ovládat laboratorní zdroj stejnosměrného napětí Diametral P230R51D.
2. Naučte se ovládat výhylkový multimetr C.A.406.
3. Proměřte napětí na zdroji pro různé napěťové rozsahy multimetru.
4. K zdroji napětí připojte odporovou dekádu a měřte protékající proud v závislosti na odporu dekády.
5. Výsledky měření zpracujte a formulujte závěry.

Pokyny k zadání:

Ad 1, laboratorní zdroj Diametral P230R51D: Zdroj zapněte hlavním vypínačem. Na levé sekci nastavte 10,0V (ovládací prvky hrubě, jemně). Učitel vysvětlí účel proudové pojistky (nastavení max. odběrného proudu) a bílého tlačítka s kontrolní červenou LEDkou (přivedení napětí na svorky zdroje, resp. odpojení napětí).



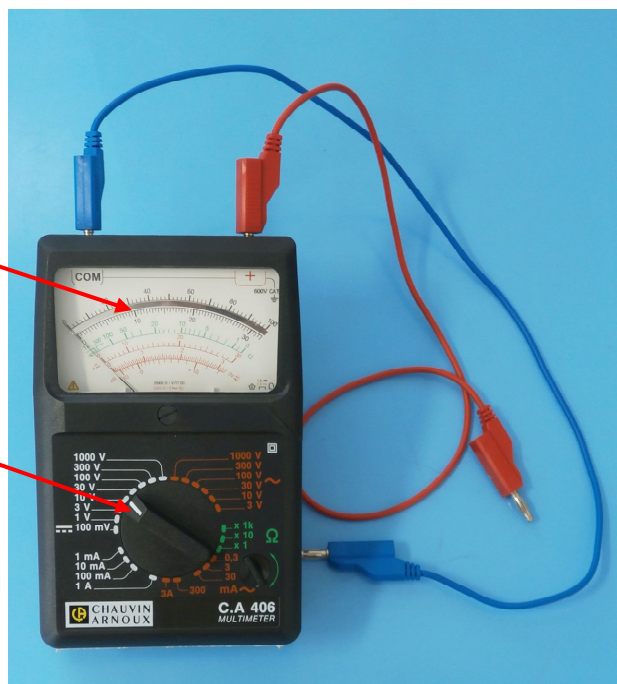
Hlavní zásada při práci se zdrojem:

Než stisknete bílé tlačítko, které připojí napětí na výstupní svorky, vždy se přesvědčte, že jste správně nastavili velikost napětí a ovládací prvek proudové pojistky pro jistotu otočte do levé úvratě (max. citlivost).

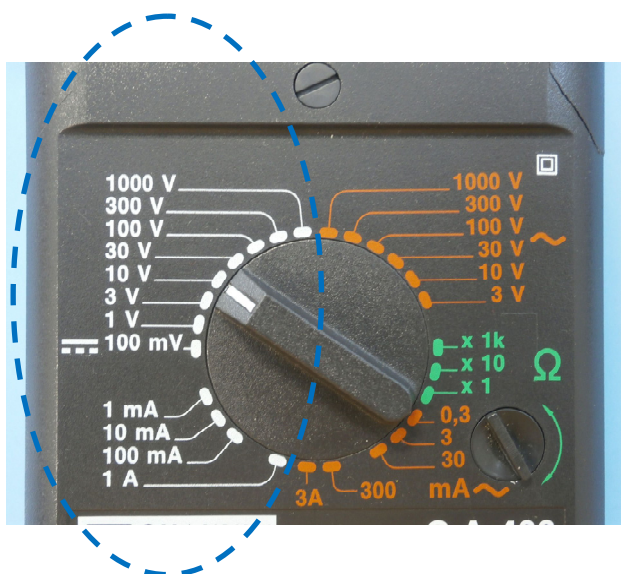
Ad 2, multimetr C.A.406: Najděte svorky, jimiž se přístroj připojuje k měřenému obvodu, a připojte k nim měřicí kabely. Prohlédněte si panel s přepínačem rozsahů (budeme využívat jen sekce pro měření stejnosměrných napětí a proudů). Uvědomte si, že zvolenému rozsahu M_V (např. $M_V = 30\text{ V}$) odpovídá jedna z pěti stupnic panelu měřidla (pro tento rozsah druhá shora), pomocí níž odečítáte výchylku ručky α (v dílcích). Nastavený rozsah ($M_V = 30\text{ V}$) znamená maximální napětí, které lze na daném rozsahu změřit, protože mu odpovídá maximální výchylka ručky (na této stupnici je to $\alpha_{\max} = 30$ dílků). Pochopte princip odečtu hodnoty měřeného napětí U , které způsobuje výchylku ručky α - určí se z výchylky trojčlenkou: $U = K_V \alpha$, kde $K_V = M_V / \alpha_{\max} = 1$ je konstanta voltmetru pro měřicí rozsah $M_V = 30\text{ V}$. Stejný princip platí pro měření proudů. Do sešitu si zakreslete další symboly z panelu měřidla a poznačte si jejich význam.

Více stupnic pro jednotlivé rozsahy

Přepínač měřené veličiny a jejího rozsahu



Stejnoseměrné rozsahy



Obrázek vpravo:

Horní stupnice (0-100 dílků, $\alpha_{\max} = 100$ dílků) se používá pro stejnosměrná měření na těchto rozsazích: všechny proudové rozsahy a napětí 100 mV, 1 V, 10 V, 100 V, 1000 V.

Stupnice (0-30 dílků, $\alpha_{\max} = 30$ dílků) pod výše uvedenou stupnicí se používá pro měření na napětí 3 V, 30 V, 300 V.

Údaj na panelu měřidla $20000 \Omega/V$ znamená, že na napětovém rozsahu M_V (např. $M_V = 100$ mV) má voltmetr vnitřní odpor $R_V = 20 \text{ k}\Omega \times M_V = 2 \text{ k}\Omega$. Na rozsahu 1000 V tak bude mít vnitřní odpor $20 \text{ M}\Omega$.

Napětový rozsah 100 mV je základní (nejnižší). Přepínání na vyšší rozsahy znamená, že do série se základním měřicím systémem o vnitřním odporu $2 \text{ k}\Omega$ se připojují předřadné odpory tak, aby na předřadném odporu vznikl rozdíl mezi větším měřeným napětím a napětím na měřidle.

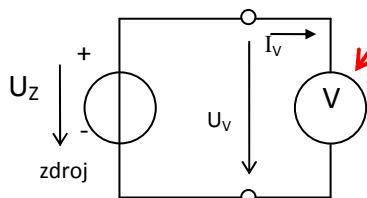
Základním měřicím systémem teče při plné výchylce, tedy při napětí 100 mV, proud $100 \text{ mV} / 2 \text{ k}\Omega = 50 \mu\text{A}$, šlo by jej tedy využít i jako ampérmetr o rozsahu $M_I = 50 \mu\text{A}$, ale s příliš velkým vnitřním odporem $R_A = 2 \text{ k}\Omega$. Vyšších rozsahů lze dosáhnout paralelním připojováním rezistorů (bočníků), takže vnitřní odpor ampérmetru bude klesat. K dosažení maximální výchylky je však nutné připojovat k měřidlu stále stejné napětí, nezávislé na nastaveném rozsahu M_I (resp. bočníku), tj. 100 mV. Na rozsahu $M_I = 10 \text{ mA}$ tedy bude vnitřní odpor $R_A = 100 \text{ mV} / 10 \text{ mA} = 10 \Omega$, na rozsahu 1 A vyjde $0,1 \Omega$.

Hlavní zásada při práci s multimetrem:

Než připojíte multimetr do obvodu, vždy se ujistěte, zda jste otočným přepínačem nastavili správnou měřenou veličinu (napětí, proud, odpor) a dostatečně vysoký měřicí rozsah (nejlépe zpočátku ten nejvyšší).

Ad 3, měření napětí zdroje voltmetrem (potřebujete 1 zdroj a 1 multimetr)

1. Na levém regulovatelném výstupu napájecího zdroje (svorky vlevo) nastavte napětí $U_z=10\text{ V}$, potenciometr proudové pojistky nastavte do levé úvratě (nejmenší proud pro automatické odpojení zdroje); bílé tlačítko uveďte do režimu, kdy nesvítí červená dioda (napětí není připojeno na výstupní svorky).
2. Multimetr přepněte na stejnosměrný napěťový rozsah $M_V=1000\text{ V}$.
3. Pomocí propojovacích vodičů připojte **voltmetr** paralelně k napájecímu zdroji podle **schématu č. 1**:



Pro přehlednost zvolte červený vodič pro propojení kladné svorky zdroje s voltmetrem a modrý nebo zelený vodič pro propojení záporné svorky zdroje s voltmetrem.

4. Zamáčkněte bílé tlačítko levého zdroje, ten se aktivuje a rozsvítí se červená kontrolní dioda.
5. Přepínačem snižujte rozsah voltmetru postupně z 1000 V na 300 V, 100 V, 30 V a 10 V a pozorujte výchylku (nižší rozsah než 10 V nenastavujte, došlo by k přetížení přístroje s možností jeho poškození!). Na rozsahu 10 V jemně dostavte napětí na zdroji co nej přesněji na 10 V podle voltmetru (ne podle displeje na zdroji).
6. Postupně přepínejte rozsahy z 10 V na 30 V, 100 V a 300 V. Pro každý z nich odečtěte výchylku ručky a vypočtěte další data uvedená v **tabulce 1**. Vnitřní odpor voltmetru na každém rozsahu opište do tabulky z vaší přípravy na měření.



Tabulka 1. Základní měření stejnosměrného napětí. Napětí zdroje $U_z=10\text{ V}$.

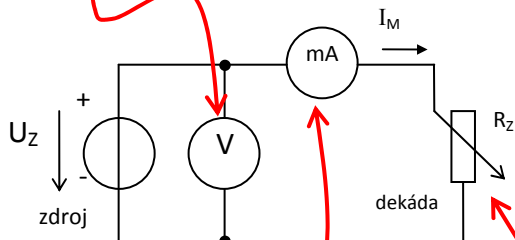
Měřicí rozsah M_V [V]	10	30	100	300
Konstanta K_V [V/d]				
Výchylka ručky α [d]				
Napětí $U_V = \alpha K_V$ [V]				
Vnitřní odpor voltmetru R_V [k Ω]				
Proud voltmetrem $I_V = U_V/R_V$ [μA]				

Do vyhodnocení tohoto měření (závěry) uveďte:

- (a) Jak souvisí vnitřní odpor voltmetru na nastaveném měřicím rozsahu a proč?
- (b) K ideálnímu voltmetru má blíže voltmetr V_1 s M_{V1} nebo V_2 s $M_{V2} \gg M_{V1}$?
- (c) Bonusový úkol: Předpokládejte, že jste schopni odečíst výchylku α s přesností na 0,2 dílků. Odhadněte, jaké chyby se tím dopustíte při měření napětí z tabulky 1 na jednotlivých rozsazích. Jaký praktický závěr z toho vyvodíte pro měření?

Ad 4, Měření závislosti proudu na odporu (potřebujete 1 zdroj, 2 multimetry a 1 odporovou dekádu)

- Na levém výstupu napájecího zdroje nastavte napětí 10 V, potenciometr proudové pojistky nastavte do levé úvratě a bílé tlačítko nastavte tak, aby červená dioda nesvítila (napětí není přivedeno na výstupní svorky).
- Jeden ze dvou multimetrů přepněte pro měření stejnosměrného napětí a nastavte měřicí rozsah 10 V. **Voltmetr** poté připojte ke zdroji podobně jako v úloze 3, viz **schéma č. 2**.



- Ke zdroji dále připojte druhý multimetr nastavený na měření proudu (**ampérmetr**); měřicí rozsah ampérmetru nastavte na hodnotu $M_1 = 1A$.
- Do série s ampérmetrem zapojte odporovou **dekádu**, jejíž odpor nastavte na $R_z = 1 k\Omega$.
- Po kontrole učitelem zapněte levou sekci zdroje bílým tlačítkem (červená kontrolní dioda svítí).
- Snižte měřicí rozsah ampérmetru na hodnotu $M_1 = 10 mA$. Napětí zdroje jemně doregulujte tak, aby voltmetr ukazoval 10V. Odečtěte výchylku ampérmetru a do **tabulky 2** запиšte proud I_M , vypočtený z konstanty ampérmetru. Měření opakujte pro odpory dekády přepínané podle **tabulky 2**. Pozor, nenastavujte odpor 0 Ω (obvodem by protékal velký proud).

Tabulka 2. Měření závislosti proudu na odporu; napětí zdroje $U_z = 10 V$; měřicí rozsah $M_1 = 10 mA$.

$R_z [k\Omega]$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$K_I [mA/d]$									
$\alpha [d]$									
$I_M = \alpha K_I [mA]$									
$I_T = U_z / R_z [mA]$									
$\Delta I = I_M - I_T [\mu A]$									

- Do **tabulky 2** dopočítejte teoretické hodnoty proudů I_T (při uvažování ideálního ampérmetru) a chyby $\Delta I = I_M - I_T$.
- Na milimetrový papír vyneste ručně (ne na počítači) závislost proudu I_M na hodnotě odporu R_z , tedy $I_M = f(R_z)$.

Do vyhodnocení tohoto měření (závěry) uveďte:

- Proč proud dekádou klesá s rostoucím odporem? K jaké limitní hodnotě klesá křivka $I_M = f(R_z)$ pro R_z rostoucí k nekonečnu? Jaký je matematický název příslušné křivky?
- Jaké jsou příčiny toho, že proudy I_M a I_T se neshodují? Jaké je znaménko chyby ΔI a proč? K jaké limitní hodnotě se chyba blíží pro R_z rostoucí k nekonečnu?
- Pokuste se z dat v **tabulce 2** určit odpor ampérmetru a komentujte výsledky.
- Bonusový úkol: Vyneste křivku $I_M = f(R_z)$ na logaritmický papír (obě osy budou logaritmické). Komentujte změnu tvaru křivky a výhody z toho plynoucí.
- Bonusový úkol: Odvoďte vzorce pro I_M jako funkci R_z , ΔI jako funkci R_z , a relativní chyby $\delta I = \Delta I / I_T$ jako funkci R_z . Srovnajte s výsledky měření.

