

MĚŘENÍ NA ODPOROVÉM DĚLIČI

Jakub Dvořák

11.10.2020

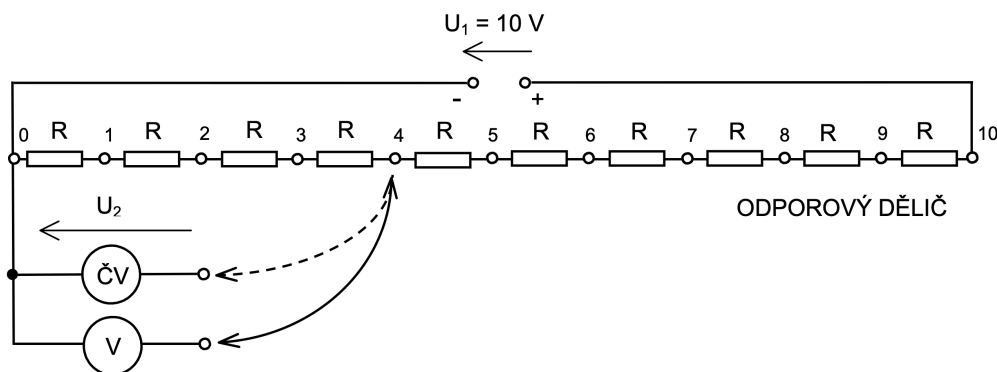


**FACULTY OF
ELECTRICAL ENGINEERING**

1 Úkol měření

1. Změřte výstupní napětí U_2 děliče sestaveného z deseti rezistorů stejné jmenovité hodnoty pro všechny dělicí poměry d , a to:
 - a) číslicovým voltmetrem,
 - b) magnetoelektrickým voltmetrem (na rozsahu 12 V).
2. Do společného grafu vyneste závislosti $U_2/U_1 = f(d)$ a vysvětlete jejich rozdíly. Velikost napájecího napětí děliče $U_1 = 10$ V.
3. Z naměřených hodnot vypočtete výstupní odpor děliče R_D pro zadaný dělicí poměr d za předpokladu, že vstupní odpor číslicového voltmetru se blíží k nekonečnu.
4. Vypočtete **rozšířenou nejistotu typu B** (koeficient rozšíření $k_r = 2$), s jakou jste určili výstupní odpor děliče R_D za předpokladu, že vnitřní odpor magnetoelektrického voltmetru je definován tolerancí 0,2 %.

2 Schéma zapojení



Obrázek 1: Zapojení obvodu [1]

3 Seznam použitých přístrojů

- Dělič napětí s devíti odbočkami
- Stolní multimetr HP 34401 A, přesnost $\pm 0,0035$ % z údaje a $\pm 0,005$ % rozsahu
- Ručičkový voltmetr, třída přesnosti 0,5 %, rozsah 12 V

4 Teoretický úvod

Při měření napětí na odporovém děliči dochází k chybě měření způsobené vnitřním odporem měřiče. Odporový dělič si lze nahradit náhradním zapojením zdroje napětí a sériového rezistoru. Napětí ideálního zdroje napětí je rovno napětí na děliči naprázdno a vnitřní odpor odpovídá paralelní kombinaci rezistorů v děliči napětí. Po připojení multimetru k tomuto náhradnímu zapojení vznikne další dělič napětí a to mezi vnitřním rezistorem náhradního zapojení a vnitřním odporem měřidla. Při použití kvalitnějších měřidel se se vnitřní odpor blíží vůči odporům rezistorů v děliči k nekonečnu. Nicméně při použití starších, levnějších nebo ručičkových měřidel dochází k chybě měření, která právě závisí na jeho vnitřním odporu.

5 Naměřené hodnoty

Dle odečtu z videa byly naměřeny hodnoty zobrazené v tabulce 1 a zobrazené v grafu 1.

Odbočka	HP 34401 A $\frac{U}{V}$	Ručičkový voltmetr $\frac{U}{V}$	Dělicí poměr
10	9,9919	9,9	1
9	8,9827	7,2	0,9
8	7,9659	5,6	0,8
7	6,9716	4,5	0,7
6	5,9761	3,7	0,6
5	4,9781	3,05	0,5
4	3,9753	2,5	0,4
3	2,9823	1,95	0,3
2	1,9867	1,6	0,2
1	0,9925	0,8	0,1

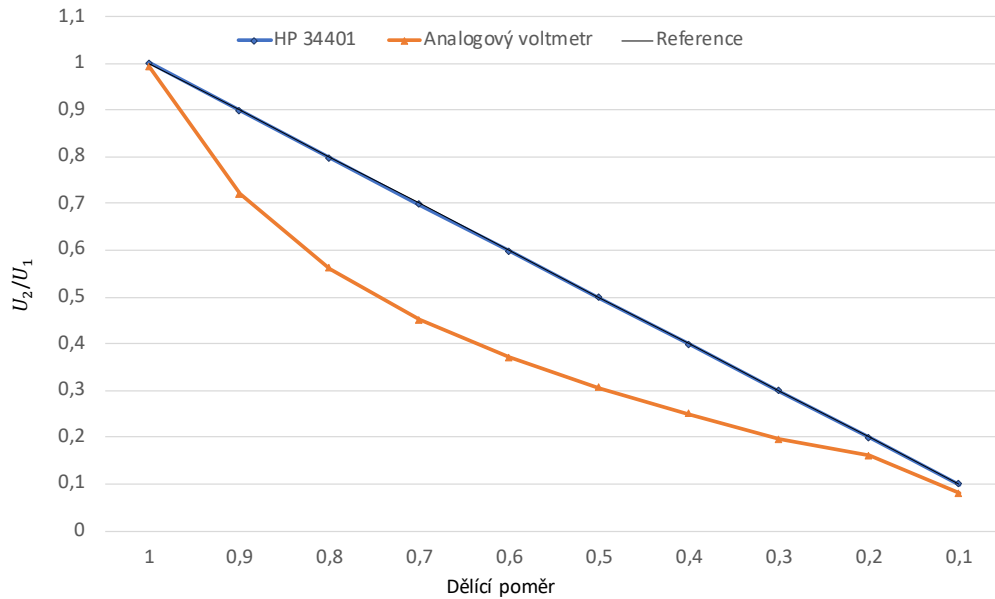
Tabulka 1: Naměřené hodnoty

6 Zpracování naměřených hodnot

6.1 Výpočet výstupního odporu děliče

Výstupní odpor děliče bude počítán pro dělicí poměr 0,5. Dělicí poměr $d = 0,5$ - odpovídající číslu odbočky 5 - byl vybrán kvůli největšímu rozdílu mezi napětím číslicového voltmetru U_{CV} a napětím ručičkového U_{RV} .

Tímto jsme získali hodnotu napětí naprázdno a napětí, pokud na výstup děliče připojíme rezistor s odporem $60\text{ k}\Omega$. Popis použitých proměnných je v tabulce 2.



Graf 1: Vynesené hodnoty číslicového a ručičkového voltmetru doplněné o referenční úsečku ideálních hodnot

U_{CV}	4,9781 V	- měřené napětí je bráno jako napětí naprázdno
U_{RV}	3,05 V	- napětí měřené ručičkovým voltmetrem
R_{RV}	$5\,000\,\Omega V^{-1} \cdot 12\,V = 60\,k\Omega$	- vnitřní odpor ručičkového voltmetru

$U_{CV} = U_2$	napětí děliče naprázdno resp. napětí měřené číslicovým voltmetrem
U_{RV}	napětí měřené ručičkovým voltmetrem
R_{RV}	vnitřní odpor ručičkového voltmetru
R_D	odpor napět'ového děliče $R_1 \parallel R_2$

Tabulka 2: Význam proměnných

Díky použití náhradního zapojení můžeme obvod zjednodušit na ideální zdroj napětí o velikosti U_0 , která odpovídá velikosti U_{CV} a sériově k němu zapojený rezistor o velikosti R_D resp. $R_1 \parallel R_2$. Po připojení ručičkového voltmetru se z R_D a R_{RV} vytvoří napět'ový dělič a U_{RV} je hodnota napětí na děliči vůči zemi. U_{RV} odpovídá rovnici

$$U_{RV} = U_{CV} \frac{R_{RV}}{U_{RV} + R_D}. \quad (1)$$

Poté si jen stačí vyjádřit R_D :

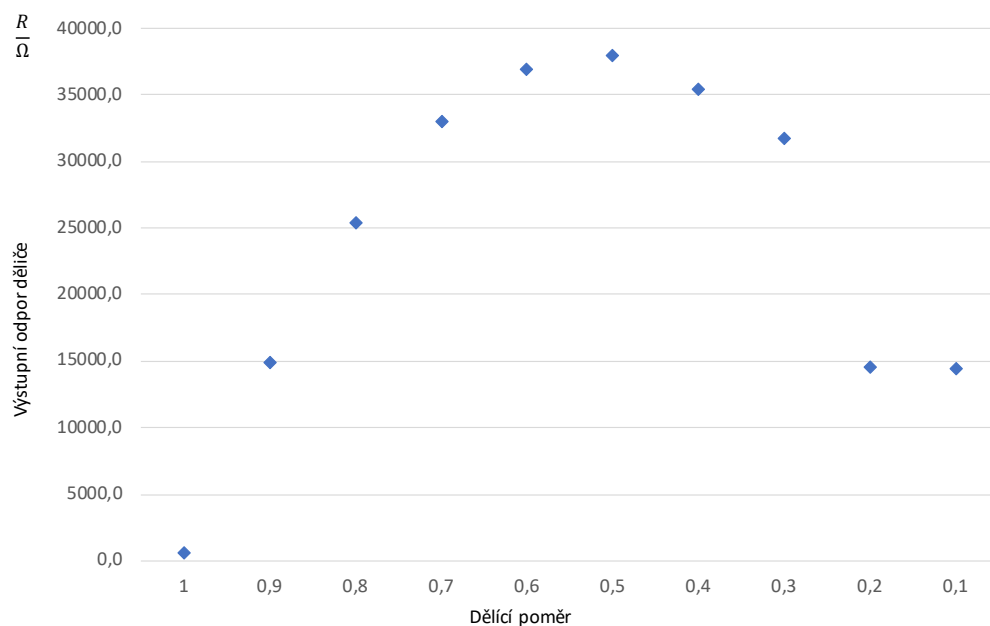
$$\begin{aligned} U_{CV} \cdot R_{RV} &= U_{RV} \cdot R_{RV} + U_{RV} \cdot R_D \\ R_D &= \frac{(U_{CV} - U_{RV}) R_{RV}}{U_{RV}} \\ R_D &= R_{RV} \left(\frac{U_{CV}}{U_{RV}} - 1 \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Pro tuto hodnotu nám výstupní odpor napět'ového děliče po dosazení vyjde $R_D = 37\,929,8\,\Omega$. Při použití vzorce z rovnice 2 pro ostatní dělicí poměry resp. odbočky v děliči napětí dostaneme následující hodnoty:

Dělicí poměr	$R_D \frac{R}{\Omega}$
1,0	557,0
0,9	14 855,8
0,8	25 348,9
0,7	32 954,7
0,6	36 909,7
0,5	37 929,8
0,4	35 407,2
0,3	31 763,1
0,2	14 501,3
0,1	14 437,5

Tabulka 3: Výstupní odpor děliče napětí v závislosti na dělicím poměru

Data z tabulky 3 jsou vynesena v grafu 2 níže.



Graf 2: Výstupní odpor děliče napětí v závislosti na dělicím poměru

6.2 Výpočet rozšířené nejistoty typu B

Ručičkový voltmetr, rozsah 12 V, TP = 0,5 %:

$$u(U_{RV}) = \frac{TP \cdot rozsah}{100\sqrt{3}} = \frac{0,5 \cdot 12}{100\sqrt{3}} = 0,035 \text{ V.}$$

Nejistota vnitřního odporu R_{RV} ručičkového voltmetru s tolerancí 0,2 %:

$$u(R_{RV}) = \frac{TP \cdot rozsah}{100 \cdot \sqrt{3}} = \frac{0,2 \cdot 60 \cdot 10^3}{100 \cdot \sqrt{3}} = 69,3 \Omega.$$

Číslicový voltmetr, chyba $\delta_1 = \pm 0,0035 \%$ z údaje $U_{CV} = 49781$ a $\delta_2 = \pm 0,005 \%$ rozsahu $M_{CV} = 10 \text{ V}$:

$$u(U_{CV}) = \frac{\delta_1 \cdot U_{CV} + \delta_2 \cdot M_{CV}}{100\sqrt{3}} = \frac{0,0035 \cdot 4,9781 + 0,0005 \cdot 10}{100\sqrt{3}} = 1,29 \cdot 10^{-4} \text{ V}.$$

Rozšířená nejistota typu B, $k_r = 2$:

$$\begin{aligned} u(R_D) &= \sqrt{\left(\frac{\partial R_D}{\partial U_{CV}} u(U_{CV})\right)^2 + \left(\frac{\partial R_D}{\partial U_{RV}} u(U_{RV})\right)^2 + \left(\frac{\partial R_D}{\partial R_{RV}} u(R_{RV})\right)^2} \\ u(R_D) &= \sqrt{\left(\frac{R_{RV}}{U_{CV}} u(U_{CV})\right)^2 + \left(\frac{R_{RV} U_{CV}}{U_{RV}} u(U_{RV})\right)^2 + \left(\frac{U_{CV} - U_{RV}}{U_{RV}} (R_{RV})\right)^2} \\ u(R_D) &= \sqrt{\left(\frac{60 \cdot 10^3}{3,05} \cdot (1,29 \cdot 10^{-4})\right)^2 + \left(\frac{60 \cdot 10^3 \cdot 4,9781}{3,05^2} \cdot (0,035)\right)^2 + \left(\frac{4,9781 - 3,05}{3,05} \cdot (69,3)\right)^2} \Omega \\ u(R_D) &= 1124,6 \Omega \\ u(R_D) &= k_r(R_D) = 2 \cdot 1124,6 \Omega = 2249,28 \Omega. \end{aligned}$$

7 Závěrečné vyhodnocení

Měřením bylo potvrzeno, že některé voltmetry nelze považovat za ideální. Jejich přítomnost v obvodu může způsobit chybu měření napětí a v případě dalších měřidel chybu měření dalších veličin. Hodnoty měřené číslicovým voltmetrem byly velice blízké skutečné hodnotě naprázdno a proto jsme mohli vnitřní odpor voltmetru považovat za nekonečný a odporový dělič za nezatížený.

Výstupní odpor napětíového děliče nám vyšel $R_D = 37\,929,8 \pm 2249 \Omega$.

Seznam použité literatury a zdrojů informací

Seznam použitých internetových zdrojů

[1] Návod k laboratorní úloze