

FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY UNIVERZITY
KOMENSKÉHO

ÚVODNÝ PROTOKOL

MERANIE RUČIČKOVÝMI PRÍSTROJMI

MERANIE PARAMETROV ELEKTRICKÝCH PRVKOV A
OBVODOV OSCILOSKOPOM

MERANIE A SPRACOVANIE ÚDAJOV POČÍTAČOM

DENISA LAMPÁŠOVÁ
2FYZ1

30. september 2015
7. október 2015
14. október 2015

MERANIE RUČIČKOVÝMI PRÍSTROJMI

Abstrakt

The goal of this paper is to measure the resistance of 3 unknown resistors. We will use 2 different methods. First method consists of measuring the current and voltage in two different circuits, while the second method consists of changing the resistance of resistance decade until the current flowing through it matches the current flowing through the measured resistor. Our measurements done using this two methods do roughly correspond to the expected values.

1 Teoretická analýza

Elektrický odpor vieme najjednoduchšie a niekedy aj najpresnejšie zmerať použitím *Ohmovho zákona*, ktorý hovorí, že ak rezistorom s odporom R prechádza prúd I , tak úbytok napätia U na tomto rezistore je priamo úmerný prúdu ním prechádzajúcim:

$$U = RI \quad \implies \quad R = \frac{U}{I}. \quad (1)$$

Na určenie odporu nám teda stačí zmerať iba prúd a napätie.

Nanešťastie, meracie prístroje, ktorými meriame prúd a napätie, do istej miery ovplyvňujú merací obvod. Existujú teda 2 varianty experimentálneho zmerania odporu:

- a) V prvej variante (zapojení a)) nám voltmeter ukazuje skutočnú hodnotu úbytku napätia na odpore, avšak ampérmetr nám skutočnú hodnotu prúdu pretekajúcu cez odpor neukazuje, pretože prúd, ktorý preteká cez ampérmetr sa rozdelí na prúd I , ktorý pokračuje do odporu a prúd I_V , ktorý ide do voltmetra. Nakoľko prúd pretekajúci voltmetrom (I_V) závisí od vnútorného odporu voltmetra R_V , môžeme napísať, že platí:

$$I_A = I + I_V = I + \frac{U}{R_V}, \quad (2)$$

z čoho ľahko vyjadríme hodnotu skúmaného odporu ako

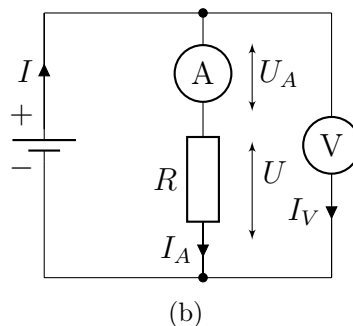
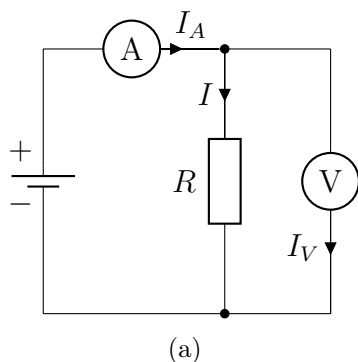
$$R = \frac{U}{I_A - \frac{U}{R_V}}. \quad (3)$$

- b) V zapojení b) údaj ampérmetra predstavuje skutočný prúd tečúci odporom R , no tentokrát napätie U_V merané voltmetrom je rovné súčtu napätia U na meranom odpore a napätia U_A na ampérmetri s vnútorným odporom R_A

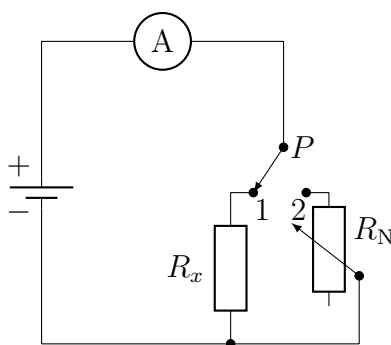
$$U_V = U + U_A = U + IR_A. \quad (4)$$

Hľadaná hodnota odporu R je tentoraz rovná

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_V - IR_A}{I} = \frac{U_V}{I} - R_A. \quad (5)$$



Existuje ešte jedna rýchla a presná metóda merania elektrických odporov - tzv. substitučná metóda (jej schématické zapojenie je na obr. ??). Ako funguje? Prepínač P dáme do polohy 1 a ampérmetrom odmeriame prúd, ktorý prechádza skúmaným rezistorom s hľadaným odporom R_x . Prepínač prepne do polohy 2, čím sme nahradili neznámy odpor odporovou dekádou s odporom R_N (tzn. odpor R_N vieme meniť). Ak odpor dekády nastavíme na takú hodnotu, že ampérmeter ukáže prúd, ktorý ukázal pri prepínaní v polohe 1, tak sme vyhrali, pretože odpor $R_x = R_N$.



Obr. 2

2 Meranie

Úlohy:

1. Zvládnuť meranie ručičkovými prístrojmi.
2. Použitím *Ohmovho zákona* určiť hodnoty troch rádovo rôznych odporov.
3. Pre získané hodnoty odporov vyjadriť presnosť merania a presnosť použitých metód.

Pomôcky: voltmeter (trieda presnosti 0,5), miliampérmeter (trieda presnosti 1), 3 rôzne odpory, odporová dekáda, zdroj jednosmerného napätia, vodiče

Postup:

Ohmov zákon

- V oboch zapojeniach zmeriame voltampérovú charakteristiku 3 rôznych odporov.
- Z merania, použitím jedného z príslušných vzťahov (2) alebo (3)¹, určíme hodnotu skúmaného odporu².
- Hodnotu porovnáme s očakávaným vzťahom.

Substitučná metóda

- Pri nejakom napätí U odmerimame prúd prechádzajúci skúmaným rezistorom v zapojení (viď Obr.2).
- Skúmaný rezistor vymeníme za odporovú dekádu.
- Meníme odpor dekády, pokým ampérmeter neukáže tú istú hodnotu, akú ukázal pri skúmanom rezistore.

3 Výsledky, diskusia a záver

Smerodajné odchýlky ľubovoľnej vypočítanej veličiny $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ skladáme podľa vzorca

$$s(f) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} s(x_i) \right)^2}, \quad (6)$$

za predpokladu, že veličiny x_1, x_2, \dots, x_n sú navzájom nezávislé.

Maximálnu dovolenú odchýlku meracích zariadení z_{\max} pri rozsahu prístroja R sme vypočítali z triedy presnosti p ako

$$z_{\max} = \frac{p}{100\%} R. \quad (7)$$

Ohmov zákon

V oboch zapojeniach sme pre každý z 3 skúmaných odporov pre 6 rôznych hodnôt na voltmetri odčítali 6 zodpovedajúcich údajov na miliampérmetri. Čím, po odmeraní odporu voltmetra a ampérmetra pri rôznych rozsahoch, sme si umožnili relatívne presne (z príslušného vzťahu (3) alebo (5)) vypočítať hodnoty týchto odporov. Hodnoty uvádzame v tabuľkách:

¹závisí to od zapojenia

²V skutočnosti odporov – boli 3 pre každé zapojenie

I/mA	U/V	R/Ω	I/mA	U/V	R/Ω	I/mA	U/V	R/Ω
0,345	12	48 979,59	58,75	12	216,56	9,45	12	1283,42
0,375	10	48 000	2	10	218,23	3,47	10	2952,75
0,2975	8	48 730,96	37,5	8	216,24	3	8	2727,27
0,225	6	48 000	24,6	6	220,318	2,3	6	2727,27
0,15	4	48 000	18	4	220,25	1,51	4	2771,36
0,0725	2	51 063,83	6,2	2	213,66	0,74	2	2830,19
$\bar{R} = 48\,795,73 \pm 0,03$			$\bar{R} = 217,54432 \pm 0,00004$			$\bar{R} = 2548,7125 \pm 0,0005$		

Tabuľka 1: očakávaná hodnota odporu 47 k Ω

Tabuľka 2: očakávaná hodnota odporu 220 Ω

Tabuľka 3: očakávaná hodnota odporu 2700 Ω

Obr. 3: Tabuľky s nameranými hodnotami U , I a z nich vypočítanými hodnotami odporu pre 3 rôzne odpory podľa zapojenia (a)

I/mA	U/V	R/Ω	I/mA	U/V	R/Ω	I/mA	U/V	R/Ω
0,24	12	48880	50,5	12	236,50	4,1	12	2866,83
0,2	10	48880	42,5	10	234,17	3,4	10	2881,18
0,16	8	48880	34,25	8	232,46	2,7	8	2902,96
0,12	6	48880	25,5	6	234,17	2	6	2940
0,08	4	48880	17	4	234,17	1,37	4	2859,71
0,04	2	48880	8,5	2	234,17	0,7	2	2797,14
$\bar{R} = 48\,880 \pm 305,3$			$\bar{R} = 234,28 \pm 1,44$			$\bar{R} = 2874,64 \pm 17,63$		

Tabuľka 4: očakávaná hodnota odporu 47 k Ω

Tabuľka 5: očakávaná hodnota odporu 220 Ω

Tabuľka 6: očakávaná hodnota odporu 2700 Ω

Obr. 4: Tabuľka s nameranými hodnotami U , I a vypočítanými hodnotami skúmaných 3 odporov pre zapojenie (b)

Očakávané hodnoty odporov rezistorov uvedené v popisoch tabuliek reprezentujú hodnotu odporu daného rezistoru uvedenú výrobcom. Naše hodnoty sa mierne odlišujú od očakávaných (očakávané hodnoty nespádajú do intervalu určeného smerodajnými odchýlkami). V našom meraní sme sa teda pravdepodobne dopustili nejakých chýb. Tie mohli byť spôsobené chybami prístrojov, našou nepozornosťou, ...

Na začiatku merania (meranie v zapojení (a)) sme sa však dopustili závažnejšej chyby. Konkrétne, menili sme rozsah miliampérmetra a voltmetra pri meraní volt-ampérovej charakteristiky odporu. Z výsledkov si taktiež môžeme všimnúť, že čím väčší bol odpor, tým menej presné bolo naše meranie.

Substitučná metóda

Zapojili sme si obvod, odmerali sme prúd prechádzajúci skúmaným odporom, vymenili sme v obvode odpor za dekádu a menili sme jej odpor, kým prúd nebol rovnaký. Výsledky sú uvedené v tabuľke:

$R_{\text{výrobca}}/\Omega$	220	2700	47 000
I/mA	30	6	0,35
$R_{\text{dekáda}}/\Omega$	215	2750	48 600

Tabuľka 7: Tabuľka hodnôt z merania pomocou substitučnej metódy

Výsledné hodnoty sa opäť mierne odlišujú od očakávaných hodnôt. Rovnako ako v prvom spôsobe merania, aj tu môžeme pozorovať jav: čím väčší odpor, tým väčšia chyba merania.

ÚLOHA 3.2

MERANIE PARAMETROV ELEKTRICKÝCH PRVKOV A OBVODOV OSCILOSKOPOM

Abstrakt

The aim of this paper is to measure unknown resistance using an oscilloscope and to analyze differences between voltages of three distinct wave forms measured by traditional voltmeter and an oscilloscope. Despite this not being the most efficient way of measuring resistance, the results were satisfactory. We have also determined that the traditional voltmeter is not very suitable for measuring AC voltages of unknown waveforms.

Úlohy:

1. Zvládnuť osciloskopické merania bez časovej základne ako aj s časovou základňou.
2. Oboznámiť sa so spôsobom dynamického zobrazovania voltampérových charakteristík elektrických prvkov aplikovaním na určovanie hodnôt odporov.
3. Pre sínusové, trojuholníkové a obdĺžnikové napätia určiť súvislosti medzi údajmi registrovanými osciloskopom a nízkofrekvenčným voltmetrom.

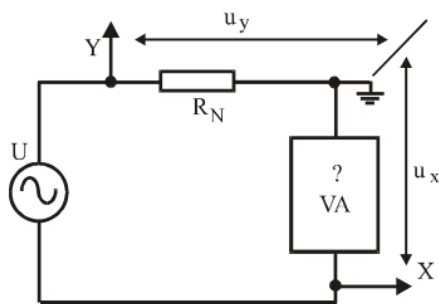
Pomôcky: generátor napätia, osciloskop, rezistory, odporová dekáda, vodiče, laboratórny voltmeter

4 Teoretická analýza a postup

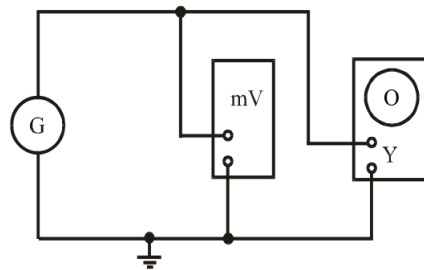
Meranie bez časovej základne

Tento druh merania použijeme na meranie odporov³. Tie získame nameraním volt-ampérovej charakteristiky, ktorú si môžeme zobraziť napríklad aj priamo osciloskopicky v režime X-Y. Spravíme to tak, že na X-ovú os rastra osciloskopu zobrazíme napätie na vyšetrovanom prvku a na Y-ovú os, ktorú okalibrujeme v hodnotách prúdu na dielik rastra, prúd prechádzajúci vyšetrovaným prvkom. Takto teda získame hľadanú závislosť $I = f(U)$. Zapojenie, ktoré k tomu použijeme, je na obrázku (a). Poďme si ho lepšie rozanalyzovať.

³Použijeme tie, ktoré sme merali v praktiku 3.1.



(a)



(b)

Napätie na odpore R_X je registrované zosilňovačom X a rovné u_X . Výchylka napätia na Y vstupe vyjadruje spád napätia na odpore R_N a je rovná u_Y . Ak odpor R_N poznáme, potom prúd prechádzajúci okruhom je $i = u_Y/R_N$. To znamená, že na obrazovke osciloskopu sa nám zobrazí priamka so sklonom u_X/u_Y , čo je

$$R = \frac{u_X}{i} = \frac{u_X}{u_Y/R_N}. \quad (8)$$

Meranie s časovou základňou

Zaradením časovej základne osciloskopom možno merať časový vývoj napätia priloženého na Y-ový vstup. Na osciloskope zobrazíme priebehy napätí rôznych tvarov a skúsime overiť súvis merania napätia osciloskopom a nízkofrekvenčným elektronickým voltmetrom. Zapojenie zostrojíme podľa obr. (a).

Použijeme nízkofrekvenčný generátor (G), ktorý poskytne napätie sínusového, trojuholníkového a obdĺžnikového tvaru. Nízkofrekvenčné voltmetre sú vo všeobecnosti konštruované tak, že poskytujú údaj buď úmerný strednej absolútnej hodnote alebo efektívnej hodnote harmonického striedavého napätia.

Nech merané napätie $u_X(t)$ má periódu T , potom jeho stredná absolútna hodnota je

$$U_{sa} = \frac{1}{T} \int_0^T |u_X(t)| dt. \quad (9)$$

Efektívna hodnota je definovaná výrazom

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [u_X(t)]^2 dt}. \quad (10)$$

5 Výsledky a diskusia

Meranie odporu

Ako vidíme na zapojení (a), osciloskopom zistíme hodnotu napätia U_Y na rezistore so známym odporom R_N (vďaka čomu získame hodnotu prúdu I) a hodnotu napätia U_X na rezistore, ktorého odpor R_X chceme zistiť. Hodnotu odporov sme sa pokúsili zistiť aj inou metódou. Konkrétne sme menili odpor dekády, kým čiara zobrazujúca závislosť U_X od U_Y nezvierala s osou X uhol $\alpha = 45^\circ$.⁴ Nemerané hodnoty a vypočítané hodnoty odporov uvá-

⁴Ak $R_X = R_{dekáda}$, tak $\alpha = 45^\circ$.

dzame v tabuľke:

	Rezistor č.1	Rezistor č.2
U_X/V	0,96	1,25
U_Y/V	1,2	1,4
I/mA	5,45	0,52
R_X/Ω	176,15	2410,8
$R_{dekáda}/\Omega$	185	2395

Skúmané odpory nám vyšli podstatne nepresnejšie ako v predchádzajúcom meraní (3.1).

Priebehy napätí rôznych tvarov

Generátor signálov rôzneho priebehu sme napojili na osciloskop a po nastavení vhodného triggerovacieho levelu sme z priebehu napätia odčítali jeho maximálnu hodnotu pre sínusový, obdĺžnikový a trojuholníkový priebeh. Tú zapísali do tabuľky ako (U_O). Potom sme ten istý generátor signálov bez zmeny jeho nastavenia napojili na klasický voltmeter. Namerané hodnoty sme opäť zapísali do tabuľky (U_V).

signál	U_V/V	U_O/V
sínus	0,76	1,05
obdĺžnik	0,85	0,9
trojuholník	0,875	0,5

Z tabuľky si môžeme všimnúť, že maximálna hodnota napätia U_O bola najväčšia pri sínusovom priebehu a najmenšia pri trojuholníkovom. Pri voltmeri to bolo naopak – ten ukázal najväčšiu hodnotu pri trojuholníkovom a najmenšiu pri sínusovom priebehu napätia. Pri sínusovom priebehu si môžeme všimnúť aj to, že hodnota napätia určená voltmetrom je približne $\sqrt{2}$ -krát menšia ako hodnota amplitúdy napätia zobrazená na osciloskope. Toto pozorujeme, pretože pri sínusovom priebehu napätia voltmeter ukazuje efektívnu hodnotu napätia.

ÚLOHA 3.3

MERANIE A SPRACOVANIE ÚDAJOV POČÍTAČOM

Abstrakt

The aim of this paper is to learn how to measure voltampere characteristic of light-bulb and in general to learn how to measure voltage via a computer. We could observe that the characteristic is not linear and that the temperature grows with voltage, the resistance grows with temperature and the current is dropping with the growth of resistance.

6 Teoretická analýza a postup

Práca s programom "meraj.exe"

Pred začiatkom práce s NI prevodníkom je vhodné spustiť program *NI-MAX* a skontrolovať v pravom stĺpci rozbalení v podmenu *Devices and Interfaces*, že je práve jeden prevodník pripojený k počítaču pod označením *dev1*. Potom možno program *NI-MAX* ukončiť. Pre meranie pomocou prevodníka spustíme program *Meraj.exe*. Keďže zemniace konektory GND sú cez PC prepojené priamo na „pevnú“ potenciálovú zem rozvodnej siete, na ručičkových ukazovateľoch sa ukazujú hodnoty okolo 1,4 V. Ak by sme prepojili GND-AI0 pozorujeme pokles napätia na 0 V a podobne aj pri prepojení GND-AI1.

Konektory GND, AI0, AI1 pripájame v príslušnom obvode na miesta, medzi ktorými chceme merať napätie. Samotné meranie spúšťame kliknutím na tlačidlo „Click to measure“. Po každom kliknutí sa hodnota dvoch napätí medzi kontaktami GND-AI0 a GND-AI1 zapisuje do riadkov tabuľky. Ak chceme tabuľku zapísať do datového súboru, klikneme na tlačidlo „Save data“. Pre zapisovanie meraní do novej tabuľky môžeme pôvodnú tabuľku hodnôt vymazať kliknutím na „Clear data“. Tlačidlo „Exit“ zastaví program, ale pre celkové ukončenie a zavretie okna treba v menu zvoliť File-Exit.

Všeobecne k meraniu

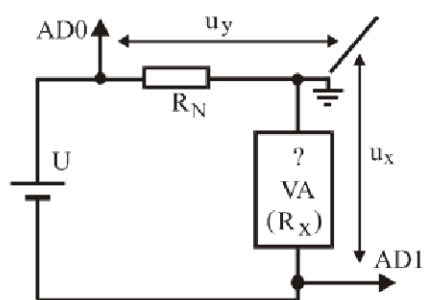
V nasledujúcom meraní budeme merať zmeny odporu volfrámového vlákna žiarovky pri jej postupnom žeravení pri jednosmernom prúde. Vo všeobecnosti je známe, že odpor volfrámového vlákna so vzrastajúcou teplotou narastá a to konkrétne tak, že platí:

$$R_t = R_0(1 + \alpha(t - t_0)), \quad (11)$$

kde $\alpha = 0.0045 \text{ C}^{-1}$ je teplotný súčiniteľ odporu pre volfrám, t je teplota, pri ktorej je nameraný odpor R_t a t_0 je izbová teplota s príslušným odporom R_0 . Keďže odpor nie je konštantný, voltampérová charakteristika bude nelineárna. Našou úlohou je túto charakteristiku namerať a zobraziť graficky.

Náš zvolený postup merania umožňuje merať len napätia GND-AI0 a GND-AI1. My však chceme voltampérovú charakteristiku (tzn. potrebujeme poznať aj prúd). Prúd získame jednoducho – použitím Ohmovho zákona $I = U/R$ – čiže odmeriame napätie na rezistore so známym odporom R_N .

K meraniu použijeme takéto zapojenie:



a)

Zmeriame odpor R_N a odpor žiarovky R_x pri izbovej teplote. Následne príkazom *meraj.exe* spustíme meranie. Zvyšovaním napätia na zdroji v intervale od 0 V po +7 V po krokoch približne 0,3 V zmeriame sekvenciu napätí U_R (-odpor), U_Z (-žiarovka).

7 Meranie

Úlohy:

1. S využitím USB AD prevodníka, pripojeného k počítaču, zvládnuť registráciu experimentálnych údajov.
2. Oboznámiť sa s programom *meraj.exe* a zmerať nelineárnu charakteristiku odporu žiarovky.
3. Graficky spracovať experimentálne dáta.

Pomôcky: AD prevodník NI USB-6008, počítač s nainštalovaným programom *meraj.exe*, zdroj jednosmerného napätia, rezistor s odporom $R_N \sim 15 \Omega$, žiarovka, multimeter

8 Výsledky, diskusia a záver

Pomocou multimetra sme odmerali odpor žiarovky $R_x = 6,2 \Omega$ pri izbovej teplote. Následne sme pomocou AD prevodníka, počítača a programu *meraj.exe* dostali pre rastúce vstupné napätie tabuľku s napätím na rezistore s odporom R_N (tieto hodnoty sme previedli na hodnoty prúdu pretekajúcim týmto odporom a teda aj žiarovkou) a napätie na žiarovke. Voltampérovú charakteristiku sme následne znázornili graficky:

Graf 1: Voltampérová charakteristika žiarovky

Môžeme si všimnúť, že náš graf korešponduje s faktom, že prúd s rastúcim napätím, respektíve teplotou, klesá. Voltampérová charakteristika je teda naozaj nelineárna.

Literatúra

- [1] Pavlík, J.: Fyzikálne praktikum II. Univerzita Komenského Bratislava, 2002.