# Přímé a nepřímé měření odporu

## Úkol měření

1. V rámci domácí přípravy nastudujte problematiku rezistorů jako součástek elektronických obvodů, dále problematiku proudového pole a základní a charakteristické vlastnosti vodivých materiálů.
2. Do závěrečných poznámek zpracujte v rámci domácí přípravy přehled druhů vyráběných rezistorů, jejich vlastnosti, orientační cenové relace (výpisy z katalogových listů). Dále zpracujte přehled veličin používaných pro popis proudového pole a vztahy mezi nimi.
3. Změřte hodnoty jednotlivých odporů *R*1 a *R*2, dále změřte odpor jejich sériové a paralelní kombinace:

* přímou metodou (RLC můstek, multimetr);
* Ohmovou metodou;
* paralelní srovnávací metodou;
* sériovou srovnávací metodou;
* Wheatstoneovým můstkem.

1. Z výrobcem udaných hodnot vypočtěte odpor sériové a paralelní kombinace rezistorů *R*1 a *R*2.
2. Naměřené a vypočtené hodnoty zaneste do tabulky a porovnejte.
3. Vyjádřete procentuální odchylky naměřených hodnot a srovnejte s hodnotami udanými výrobcem.

## Obecná část

### Měření RLC můstkem

Odpor lze měřit přímou metodou pomocí digitálního RLC můstku, na jehož svorky připojíme přívody měřeného rezistoru. V takovémto případě je chyba měření dána chybou můstku.

Dále lze použít nepřímých metod založených na základních principech elektrotechniky. Jedná se o Ohmovu metodu, dále metody srovnávací (sériová a paralelní), dále o měření pomocí Wheatstoneova můstku.

### Ohmova metoda

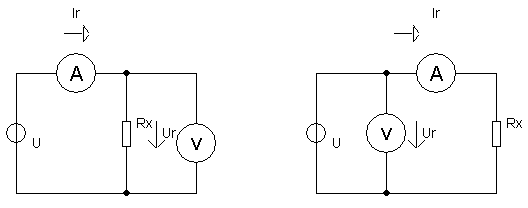
Tato metoda je založena na využití Ohmova zákona, používá ampérmetr a voltmetr. Z měřicích přístrojů odečítáme hodnoty napětí a proudu, jejichž dosazením pak obdržíme hodnotu měřeného odporu. Užijeme Ohmův zákon ve tvaru:

Rovnice 1

Pro měření používáme různá schémata (uvedená na obrázku níže), volba závisí na očekávané velikosti měřeného odporu a na parametrech použitých přístrojů. Pokud je předpoklad, že je neznámý odpor menší, než odpor voltmetru (), použijeme první schéma. Ampérmetr měří celkový proud procházející jednak měřeným rezistorem, jednak voltmetrem. Proud voltmetrem způsobuje chybu metody, při splnění předpokladu (*R*V je alespoň 500x větší, než neznámý odpor) lze zanedbat, v opačném případě je nutno početně korigovat. Do Ohmova zákona pak dosadíme naměřený celkový proud, zmenšený o proud tekoucí voltmetrem *I*V:

Rovnice 2

Měření zůstává i nadále ovlivněno chybami měřicích přístrojů, výše uvedená korekce pokrývá chybu metody způsobenou spotřebou voltmetru.



Obrázek 1: Různé realizace Ohmovy metody

Pro měření větších odporů lze použít druhé schéma, kdy předpokládáme, že odpor ampérmetru bude zanedbatelný proti měřenému odporu (; alespoň 500x). Chybu metody způsobenou tentokrát spotřebou ampérmetru můžeme korigovat analogickým způsobem. I v tomto případě zůstává měření zatíženo chybou měřicích přístrojů.

### Paralelní srovnávací metoda

Metoda je založena na srovnání dvou proudů vyvozených stejným napětím v součástkách s různým odporem (neznámý odpor a odpor definovaný s minimální tolerancí – např. odporová dekáda). Pokud měříme oba (velikostně srovnatelné) proudy stejným měřidlem, nebude se chyba měřidla projevovat, měření odporu zůstane zatíženo chybou etalonu (např. odporové dekády).

Rovnice 3

### Sériová srovnávací metoda

Metoda je založena na srovnání úbytků napětí vyvozených stejným proudem na součástkách s různým odporem (neznámý odpor a odpor definovaný s minimální tolerancí – např. odporová dekáda). Pokud měříme oba (velikostně srovnatelné) úbytky napětí stejným měřidlem, nebude se chyba měřidla projevovat, může se projevovat chyba metody způsobená spotřebou voltmetru (bude zanedbatelná, pokud použijeme voltmetr s dostatečně velkým vstupním odporem), měření odporu zůstane zatíženo chybou etalonu (např. odporové dekády).

Rovnice 4

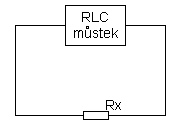
### Wheatstoneův můstek

Můstek je složen ze čtyř rezistorů, z nichž jeden je neznámý, druhý je proměnný etalon používaný pro vyvážení (odporová dekáda), další dva rezistory slouží pro nastavení rozsahu můstku. Mezi protilehlé uzly připojíme napájecí zdroj, mezi protilehlé uzly druhé dvojice připojujeme voltmetr jako indikátor vyvážení (označovaný někdy díky tomu IV, může být použit analogový i digitální). IV musí být přesný a citlivý, v opačném případě bude měření zatíženo velkou chybou. Po sestavení můstku ve většině případů indikátor vyvážení ukazuje nějaké napětí. Změnou odporu dekády se snažíme toto napětí minimalizovat, pokud nelze, musíme změnit odpor rezistorů nastavujících rozsah můstku. Při nulovém napětí je můstek vyvážen a platí, že součiny odporů v jednotlivých větvích se rovnají.

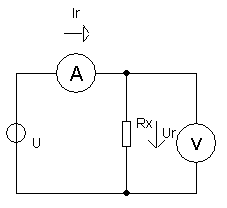
Rovnice 5

## Schéma zapojení

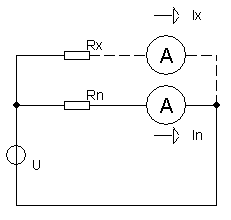
Poznámka: *R*X je neznámá hodnota odporu (jednotlivé rezistory a jejich kombinace), *R*N je hodnota nastavená na odporové dekádě.



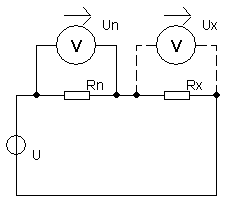
Obrázek 2: Měření RLC můstkem



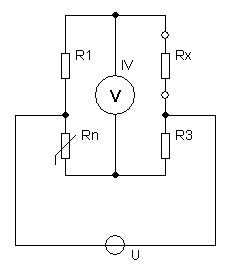
Obrázek 3: Měření Ohmovou metodou



Obrázek 4: Měření paralelní srovnávací metodou



Obrázek 5: Měření sériovou srovnávací metodou



Obrázek 6: Měření Wheatstoneovým můstkem (rezistory označené R1, R3 a Rn jsou interní odpory můstku)

## Postup měření

1. Připojíme jednotlivě rezistory (a poté sériovou a paralelní kombinaci) ke svorkám RLC můstku (případně multimetru) a změříme hodnotu jejich odporu a zapíšeme ji.
2. Sestavíme schéma pro měření odporu Ohmovou metodou. Postupně připojujeme rezistory a jejich kombinace, zapisujeme hodnoty napětí a proudů. Zaznamenáme si typy měřicích přístrojů a použité rozsahy pro výpočet chyb měření.
3. Realizujeme schéma pro měření odporu paralelní srovnávací metodou. Pro jednotlivé rezistory a jejich kombinace si zaznamenáme hodnotu normálu (nastavení odporové dekády *R*N), dále proudy dekádou a měřenými rezistory a kombinacemi (včetně rozsahů pro výpočet chyb).
4. Realizujeme schéma pro měření odporu sériovou srovnávací metodou. Pro jednotlivé rezistory a jejich kombinace si zaznamenáme hodnotu normálu *R*N (nastavení odporové dekády), dále úbytky napětí na dekádě a na měřených rezistorech a kombinacích (včetně rozsahů pro výpočet chyb).
5. K Wheatstoneovu můstku dle schématu připojíme odpor *R*X (opět se jedná o jednotlivé rezistory, následně jejich sériovou a paralelní kombinaci) ke svorkám označeným X. Připojíme zdroj napětí. Pomocí odporové dekády můstku se snažíme můstek vyvážit. Nelze-li, je nutno změnit hodnotu rezistorů určujících rozsah můstku (přepnout jeho rozsah). Po vyvážení zapíšeme hodnotu nastavení interní dekády můstku a zvolený rozsah.

## Otázky

1. Popište problematiku elektrického odporu látek – fyzikální principy (závislosti na stavbě hmoty, okolních vlivech atd.).
2. Popište význam problematiky měření elektrického odporu pro technickou praxi.
3. Jaké parametry rezistorů musíme brát v úvahu při návrhu a realizaci různých elektrických a elektronických zařízení?
4. Rezistory jsou vyráběny v tzv. řadách (E12 apod.). Vysvětlete značení řad. Zdůvodněte použití výrobních řad.
5. Jaká znáte provedení rezistorů?

## Tabulky naměřených hodnot

Tabulka 1: Měření RLC můstkem (poznamenejte hodnotu změřenou můstkem, případně hodnotu jmenovitou)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *R*1 RLC (kΩ) | *R*2 RLC (kΩ) | *R*12S RLC (kΩ) | *R*12P RLC (kΩ) |
| 2,16 | 0,511 | 2,67 | 0,413 |

Tabulka 2: Měření Ohmovou metodou (vstupní hodnoty pro výpočet odporu)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *U*1 OHM (V) | *U*2 OHM (V) | *U*12S OHM (V) | *U*12P OHM (V) |
| 14,08 | 13,51 | 13,32 | 13,16 |
| *I*1 OHM (mA) | *I*2 OHM (mA) | *I*12S OHM (mA) | *I*12P OHM (mA) |
| 6,47 | 26,45 | 4,95 | 31,84 |

(poznamenejte proudy a napětí pro jednotlivé rezistory i jejich kombinace)

Tabulka 3: Měření Ohmovou metodou (rozsahy pro výpočet chyb jednotlivých měření)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| typ měřidla | U1 OHM (V) | U2 OHM (V) | U12S OHM (V) | U12P OHM (V) |
|  |  |  |  |  |
| typ měřidla | I1 OHM (mA) | I2 OHM (mA) | I12S OHM (mA) | I12P OHM (mA) |
|  |  |  |  |  |

Tabulka 4: Měření paralelní srovnávací metodou (vstupní hodnoty pro výpočet odporu – nastavený odpor dekády, proudy jednotlivými větvemi)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *R*1N PSM (Ω) | *R*2N PSM (Ω) | *R*12SN PSM (Ω) | *R*12PN PSM (Ω) |
|  |  |  |  |
| *I*1N PSM (mA) | *I*2N PSM (mA) | *I*12SN PSM (mA) | *I*12PN PSM (mA) |
|  |  |  |  |
| *I*1X PSM (mA) | *I*2X PSM (mA) | *I*12SX PSM (mA) | *I*12PX PSM (mA) |
|  |  |  |  |

Tabulka 5: Měření paralelní srovnávací metodou (rozsahy pro výpočet chyb jednotlivých měření)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| typ měřidla | I1N PSM (mA) | I2N PSM (mA) | I12SN PSM (mA) | I12PN PSM (mA) |
|  |  |  |  |  |
| typ měřidla | I1X PSM (mA) | I2X PSM (mA) | I12SX PSM (mA) | I12PX PSM (mA) |
|  |  |  |  |  |

Tabulka 6: Měření sériovou srovnávací metodou (vstupní hodnoty pro výpočet odporu – nastavený odpor dekády, napětí na jednotlivých odporech)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *R*1N SSM (Ω) | *R*2N SSM (Ω) | *R*12SN SSM (Ω) | *R*12PN SSM (Ω) |
| 1110 | 1110 | 1110 | 1110 |
| *U*1N SSM (mV) | *U*2N SSM (mV) | *U*12SN SSM (mV) | *U*12PN SSM (mV) |
| 231 | 55 | 285 | 44 |
| *U*1X SSM (V) | *U*2X SSM (V) | *U*12SX SSM (V) | *U*12PX SSM (V) |
| 0,133 | 0,135 | 0,099 | 0,040 |

Tabulka 7: Měření sériovou srovnávací metodou (rozsahy pro výpočet chyb jednotlivých měření)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| typ měřidla | U1N SSM (V) | U2N SSM (V) | U12SN SSM (V) | U12PN SSM (V) |
|  |  |  |  |  |
| typ měřidla | U1X SSM (V) | U2X SSM (V) | U12SX SSM (V) | U12PX SSM (V) |
|  |  |  |  |  |

Tabulka 8: Měření Wheatstoneovým můstkem (zapište odpor nastavený dekádou můstku a zvolený rozsah můstku)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *R*1 W1 (Ω) | *R*2 W1 (Ω) | *R*12S W1 (Ω) | *R*12P W1 (Ω) |
| 22,7 | 51,5 | 26,4 | 42,1 |
| Rozsah | Rozsah | Rozsah | Rozsah |
| 100 | 10 | 100 | 10 |

## Výpočty a odvození

Zde proveďte vzorová dosazení pro jednotlivé výpočty.

### Ohmova metoda

### Paralelní srovnávací metoda

### Sériová srovnávací metoda

### Wheatstoneův můstek

## Tabulky vypočtených hodnot

Tabulka 9: Měření Ohmovou metodou

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R1 OHM (Ω) | R2 OHM (Ω) | R12S OHM (Ω) | R12P OHM (Ω) |
| 2176,198 | 510,775 | 2960,909 | 413,317 |
| Δ1 OHM (Ω) | Δ2 OHM (Ω) | Δ12S OHM (Ω) | Δ12P OHM (Ω) |
| 16,198 | -0,225 | 20,909 | 0,317 |
| δ1 OHM (%) | δ2 OHM (%) | δ12S OHM (%) | δ12P OHM (%) |
| 0,750 | -0,044 | 0,783 | 0,077 |

Tabulka 10: Měření paralelní srovnávací metodou

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R1 PSM (Ω) | R2 PSM (Ω) | R12S PSM (Ω) | R12P PSM (Ω) |
|  |  |  |  |
| Δ1 PSM (Ω) | Δ2 PSM (Ω) | Δ12S PSM (Ω) | Δ12P PSM (Ω) |
|  |  |  |  |
| δ1PSM (%) | δ2 PSM (%) | δ12S PSM (%) | δ12P PSM (%) |
|  |  |  |  |

Tabulka 11: Měření sériovou srovnávací metodou

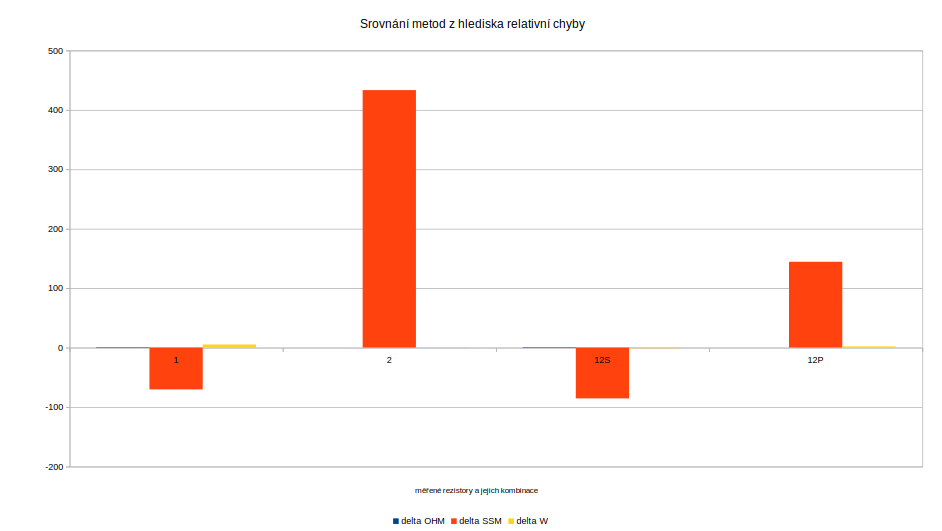
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R1 SSM (Ω) | R2 SSM (Ω) | R12S SSM (Ω) | R12P SSM (Ω) |
| 639,091 | 2 724,545 | 385,579 | 1 009,091 |
| Δ1 SSM (Ω) | Δ2 SSM (Ω) | Δ12S SSM (Ω) | Δ12P SSM (Ω) |
| -1 520,909 | 2 213,545 | -2 284,421 | 596,091 |
| δ1 SSM (%) | δ2 SSM (%) | δ12S SSM (%) | δ12P SSM (%) |
| -70,412 | 433,179 | -85,559 | 144,332 |

Tabulka 12: Měření Wheatstoneovým můstkem

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R1 W (Ω) | R2 W (Ω) | R12S W (Ω) | R12P W (Ω) |
| 2 270 | 515 | 2 640 | 421 |
| Δ1 W (Ω) | Δ2 W (Ω) | Δ12S W (Ω) | Δ12P W (Ω) |
| 110 | 4 | -30 | 8 |
| δ1 W (%) | δ2 W (%) | δ12S W (%) | δ12P W (%) |
| 5,093 | 0,783 | -1,124 | 1,937 |

## Grafické závislosti

Použijte sloupcový graf, srovnání velikostí chyb pak bude vodítkem k určení optimální metody měření odporu.



Obrázek 7: Relativní chyby měření odporů různými metodami

## Odpovědi na otázky

1. Pro různé materiály je rezistivita různá, je závislá na teplotě, průřezu a délce.
2. Při měření musíme napájet rezistor stejnosměrným proudem (při střídavém bychom zjistili impedanci), dále je třeba dávat pozor na rušení (parazitní indukčnost a kapacita).
3. Při výběru rezistoru je třeba brát v úvahu tyto údaje: jmenovitá hodnota odporu, tolerance, rozměry tělíska, výkonové ztráty, maximální provozní teplota a napětí a frekvenční rozsah.
4. Značení řad naznačuje přesnost tolerance. Vyšší řád = menší procento tolerance.
5. Máme SMD rezistory, potenciometry (mění napětí), fotorezistory, termistory...

## Závěr

Měření ukázalo, že vybrané rezistory opravdu měli správně uvedené jmenovité hodnoty jak je vidět v grafu s chybami. Jediná výjimka je metoda sériové srovnávací metody, kde chyba je mnohem větší. Důvodem je špatně nastavená dekáda. Taktéž odpor paralelní srovnávací metodou nebylo možno zjistit z důvodu nedostatku funkčních ampérmetrů.

## Informační prameny použité pro zpracování protokolu

1. Antonín Blahovec – Elektrotechnika I
2. https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrický\_odpor
3. https://cs.wikipedia.org/wiki/Rezistor
4. https://cz.mouser.com/c/ds/passive-components/resistors/
5. https://www.kondik.cz/rezistory-smd/
6. https://www.conrad.cz/cs/c/potenciometry-17440.html
7. https://www.gme.cz/c/15265/fotorezistory
8. https://www.kondik.cz/termistory/
9. https://publi.cz/books/353/04.html

|  |  |
| --- | --- |
| **Datum vypracování:** |  |
| **Čestné prohlášení:** | **Prohlašuji, že jsem protokol zpracoval samostatně, veškeré použité prameny jsem uvedl ve stati „Informační prameny použité pro zpracování protokolu“.** |
| **Podpis studenta:** |

## Použité přístroje

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Přístroj*** | ***Typ*** | ***Výrobní číslo*** | ***Inventární číslo*** | ***Poznámka*** |
| multimetr |  |  | 2P670/15 |  |
| multimetr |  |  | 821052795 |  |
| napájecí zdroj |  |  | EL1032 |  |
| měřené rezistory |  |  |  | Odpory s hodnotami 2,2 kOhm a 510 Ohm |
| odporová dekáda |  |  | EL-398 |  |
| RLC můstek |  |  |  |  |
| Wheatstoneův můstek |  |  | EL-193 |  |

## Hodnocení

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Etapa hodnocení úlohy*** | ***Bodovaná část*** | ***Maximální počet bodů*** | ***Získané body*** |
| Samostatná příprava | Ústní přezkoušení z měřené problematiky[[1]](#footnote-2) | 10 |  |
| Měření v laboratoři | Zapojování schémat, průběh měření | 5 |  |
| Konzultace | Nepovinná, proběhla dne:……………….[[2]](#footnote-3) | 5 |  |
| Zpracování protokolu | Úpravnost, struktura protokolu | 5 |  |
| Výpočty (dosazení, výsledky, jednotky) | 5 |  |
| Tabulky | 5 |  |
| Grafy (popis os, měřítko, vlastní graf) | 15 |  |
| Odpovědi na otázky | 10 |  |
| Závěr | 10 |  |
|  | Obhajoba[[3]](#footnote-4) | 30 |  |
| ***Celkové hodnocení*** | ***protokolu o laboratorním cvičení*** | ***100*** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| ***Přiřazení klasifikace*** | |
| ***Počet získaných bodů*** | ***Hodnocení***[[4]](#footnote-5) |
| ***řádný termín*** |  |
| 0 až 49 | 5 |
| 50 až 60 | 4 |
| 61 až 70 | 3 |
| 71 až 85 | 2 |
| 86 až 100 | 1 |
| ***Uzavření klasifikace protokolu dne: ……………………… Podpis: ………………………*** | |

## Poznámky

### Přehled rezistorů, výpisy z katalogových listů

Máme SMD rezistory (od 0,40 Kč do 40 Kč), potenciometry (posuvné, otočné) (od 2,30 Kč do několika tisíců Kč), fotorezistory (od 7 Kč do 13 Kč), termistory (od 3,60 Kč do 60 Kč).

### Přehled veličin a vztahů proudového pole

Proud (I; A) – míra toku náboje v průřezu vodiče

Náboj (Q; C) – množství proudu, které prošlo určitým průřezem vodiče

Napětí (U; V) – potenciál mezi dvěma body v obvodu

Odpor (R, Ω) – míra, jakou vodič brání průchodu proudu

Výkon (P; W) – míra, jakou se přenáší elektrická energie v obvodu

### Přehled základních a charakteristických vlastností vodivých materiálů

Elektrický odpor je závislý na teplotě, s vyšší teplotou odpor stoupá. ; kde ɑ je teplotní součinitel odporu a udává zvýšení odporu vodiče při zvýšení teploty o 1 K (jednotkou K-1; obvykle ~0,004 K-1), Δv je oteplení nebo-li teplotní rozdíl mezi konečnou teplotou a 20˚C, R20 je odpor vodiče při základní teplotě 20˚C. Teplotní součinitel může být i záporný, znamenajíc, že s vyšší teplotou se odpor zmenšuje.

Termoelektrické napětí vzniká při rozdílu teplot měřeného a porovnávacího konce termoelektrického článku (obvykle železo-konstantan; na jednom konci spojený (měrný) a na druhém rozpojený (porovnávací)). Jev lze využít jako teplotní čidlo.

Teplotní délková roztažnost – se změnou teploty se mění délka vodiče.

Teplota tání a tuhnutí – teploty, kdy se mění skupenství kovů.

Měrná tepelná vodivost udává množství tepla, které projde v ustáleném stavu za 1 sekundu krychlí o hraně 1 metr z dané látky mezi dvěma protilehlými stěnami, mezi kterými je teplotní rozdíl 1 kelvin.

Modul pružnosti – poměr mechanického napětí a odpovídajícího poměrného prodloužení v oblasti pružných deformací; v pascalech.

Tažnost je trvalé prodloužení vzorku namáhené tahem. Udáván v procentech původní délky.

## Tvrdost představuje odolnost proti vnikání cizího tělesa do povrchu. Zkouška se provádí na povrchu tělesa, materiál se neporušuje ve velkém objemu (někdy vůbec) například zatlačením ocelové kuličky.

## Záznam naměřených hodnot

|  |  |
| --- | --- |
| **Úloha:** | Přímé a nepřímé měření odporu |
| **Datum měření:** | **Příjmení a jméno studenta:** |

Tabulka 13: Měření RLC můstkem (poznamenejte hodnotu změřenou můstkem, případně hodnotu jmenovitou)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *R*1 RLC (Ω) | *R*2 RLC (Ω) | *R*12S RLC (Ω) | *R*12P RLC (Ω) |
|  |  |  |  |

Tabulka 14: Měření Ohmovou metodou (vstupní hodnoty pro výpočet odporu)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *U*1 OHM (V) | *U*2 OHM (V) | *U*12S OHM (V) | *U*12P OHM (V) |
|  |  |  |  |
| *I*1 OHM (mA) | *I*2 OHM (mA) | *I*12S OHM (mA) | *I*12P OHM (mA) |
|  |  |  |  |

(poznamenejte proudy a napětí pro jednotlivé rezistory i jejich kombinace)

Tabulka 15: Měření Ohmovou metodou (rozsahy pro výpočet chyb jednotlivých měření)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| typ měřidla | U1 OHM (V) | U2 OHM (V) | U12S OHM (V) | U12P OHM (V) |
|  |  |  |  |  |
| typ měřidla | I1 OHM (mA) | I2 OHM (mA) | I12S OHM (mA) | I12P OHM (mA) |
|  |  |  |  |  |

Tabulka 16: Měření paralelní srovnávací metodou (vstupní hodnoty pro výpočet odporu – nastavený odpor dekády, proudy jednotlivými větvemi)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *R*1N PSM (Ω) | *R*2N PSM (Ω) | *R*12SN PSM (Ω) | *R*12PN PSM (Ω) |
|  |  |  |  |
| *I*1N PSM (mA) | *I*2N PSM (mA) | *I*12SN PSM (mA) | *I*12PN PSM (mA) |
|  |  |  |  |
| *I*1X PSM (mA) | *I*2X PSM (mA) | *I*12SX PSM (mA) | *I*12PX PSM (mA) |
|  |  |  |  |

Tabulka 17: Měření paralelní srovnávací metodou (rozsahy pro výpočet chyb jednotlivých měření)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| typ měřidla | I1N PSM (mA) | I2N PSM (mA) | I12SN PSM (mA) | I12PN PSM (mA) |
|  |  |  |  |  |
| typ měřidla | I1X PSM (mA) | I2X PSM (mA) | I12SX PSM (mA) | I12PX PSM (mA) |
|  |  |  |  |  |

Tabulka 18: Měření sériovou srovnávací metodou (vstupní hodnoty pro výpočet odporu – nastavený odpor dekády, napětí na jednotlivých odporech)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *R*1N SSM (Ω) | *R*2N SSM (Ω) | *R*12SN SSM (Ω) | *R*12PN SSM (Ω) |
|  |  |  |  |
| *U*1N SSM (V) | *U*2N SSM (V) | *U*12SN SSM (V) | *U*12PN SSM (V) |
|  |  |  |  |
| *U*1X SSM (V) | *U*2X SSM (V) | *U*12SX SSM (V) | *U*12PX SSM (V) |
|  |  |  |  |

Tabulka 19: Měření sériovou srovnávací metodou (rozsahy pro výpočet chyb jednotlivých měření)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| typ měřidla | U1N SSM (V) | U2N SSM (V) | U12SN SSM (V) | U12PN SSM (V) |
|  |  |  |  |  |
| typ měřidla | U1X SSM (V) | U2X SSM (V) | U12SX SSM (V) | U12PX SSM (V) |
|  |  |  |  |  |

Tabulka 20: Měření Wheatstoneovým můstkem (zapište odpor nastavený dekádou můstku a zvolený rozsah můstku)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *R*1 W1 (Ω) | *R*2 W1 (Ω) | *R*12S W1 (Ω) | *R*12P W1 (Ω) |
|  |  |  |  |
| Rozsah | Rozsah | Rozsah | Rozsah |
|  |  |  |  |

Datum měření:……………..............................Termín: řádný – náhradní (důvod:……………………………………)[[5]](#footnote-6)

## Použité přístroje

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Přístroj*** | ***Typ*** | ***Výrobní číslo*** | ***Inventární číslo*** | ***Poznámka*** |
| multimetr |  |  |  |  |
| multimetr |  |  |  |  |
| napájecí zdroj |  |  |  |  |
| měřené rezistory |  |  |  |  |
| odporová dekáda |  |  |  |  |
| RLC můstek |  |  |  |  |
| Wheatstoneův můstek |  |  |  |  |

### Poznámky

### Verifikace

Podpis vyučujícího:………………………………………………………………………………………………………………………………

1. Ústní přezkoušení prověřuje připravenost studenta. Nepřipravený student získá 0 bodů, obdrží náhradní práci, laboratorní úlohu měří po dohodě s vyučujícím v náhradním termínu. Pro náhradní termíny zůstává bodový stav 0, připravenost je již jen podmínkou k připuštění studenta k vlastnímu měření. Termín pro odevzdání protokolu se počítá od řádného termínu laboratorního cvičení. [↑](#footnote-ref-2)
2. Údaj v kolonce získané body platí pouze s vyplněním data, kdy konzultace proběhla, vyučující potvrdil konzultaci svým podpisem. [↑](#footnote-ref-3)
3. Obhajoba je ústní (s přípravou) nebo písemná, povinná. Student, který neprokáže znalost problematiky, nezískává body, úloha je hodnocena **NEDOSTATEČNĚ!** [↑](#footnote-ref-4)
4. V případě neuzavření klasifikace protokolu v řádném termínu je postupováno dle pravidel pro odevzdávání protokolů, jejichž znalost student potvrdil svým podpisem. [↑](#footnote-ref-5)
5. Nehodící se škrtněte! [↑](#footnote-ref-6)