

STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ A STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA  
PROFESORA ŠVEJCARA, PLZEŇ, KLATOVSKÁ 109



**Ing. Milan Nechanický**  
**Měření a diagnostika**  
Cvičení  
**SOUBOR PŘÍPRAV PRO 2. R.**  
**OBORU 26-41-M/01**  
**ELEKTROTECHNIKA - MECHATRONIKA**

Vytvořeno v rámci Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost  
CZ.1.07/1.1.30/01.0038 Automatizace výrobních procesů ve strojírenství  
a řemeslech

*Monitorovací indikátor 06.43.10*



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Dílo podléhá licenci Creative Commons Uveďte autora - Nevyužívejte  
dílo komerčně - Zachovejte licenci 3.0 Česko Dílo podléhá licenci

## Obsah

<b>1. Základní seznámení s měřicími přístroji .....</b>	<b>4</b>
Písemná příprava.....	4
Teoretický úvod k ostatním cvičením .....	5
Související přípravy.....	6
<b>2. Ověření voltmetru .....</b>	<b>7</b>
Písemná příprava.....	7
Zadání úlohy č. 2 .....	9
Související přípravy.....	10
<b>3. Změna rozsahu ampérmetru a ověření ampérmetru pro nový rozsah.....</b>	<b>12</b>
Písemná příprava.....	12
Zadání úlohy č. 3 .....	14
Související přípravy.....	15
<b>4. Měření hodnoty neznámého rezistoru Ohmovou metodou a můstkovou metodou .....</b>	<b>17</b>
Písemná příprava.....	17
Zadání úlohy č. 4 .....	19
Související přípravy.....	20
<b>5. Měření kapacity pomocí A-metru, V-metru a můstku .....</b>	<b>22</b>
Písemná příprava.....	22
Zadání úlohy č. 5 .....	24
Související přípravy.....	26
<b>6. Měření impedance cívky pomocí A-metru, V-metru a W-metru .....</b>	<b>30</b>
Písemná příprava.....	30
Zadání úlohy č. 6 .....	32
Související přípravy.....	34
<b>7. Měření výkonu pomocí A-metru, V-metru a W-metru .....</b>	<b>35</b>
Písemná příprava.....	35
Zadání úlohy č. 7 .....	37
Související přípravy.....	39
<b>8. Měření na rezistoru a fotorezistoru .....</b>	<b>40</b>
Písemná příprava.....	40
Zadání úlohy č. 8 .....	42
Související přípravy.....	43
<b>9. Měření VA charakteristik diod .....</b>	<b>45</b>
Písemná příprava.....	45
Zadání úlohy č. 9 .....	47
Související přípravy.....	48
<b>10. Měření na jednocestném a dvoucestném usměrňovači.....</b>	<b>49</b>
Písemná příprava.....	49
Zadání úlohy č. 10 .....	51
Související přípravy.....	52
<b>11. Měření na stabilizátoru Zenerovou diodou.....</b>	<b>53</b>
Písemná příprava.....	53
Zadání úlohy č. 11 .....	55
Související přípravy.....	56
<b>12. Měření na transformátoru .....</b>	<b>57</b>
Písemná příprava.....	57
Zadání úlohy č. 12 .....	59
Související přípravy.....	61

<b>13. Měření magnetických veličin .....</b>	<b>63</b>
Písemná příprava.....	63
Zadání úlohy č. 13 .....	65
Související přípravy.....	67

# 1. Základní seznámení s měřicími přístroji

## Písemná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA VYUČOVACÍ HODINU Č. 1</b>	
<p>Školní rok:2013/14.            Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.            Předmět: Měření a diagnostika.            Ročník:2.            Vyučovací hodina: 1. – 2. (praktická).            Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.</p>	
<p>Název tematického celku: Měřicí přístroje.            Téma vyučovací hodiny: Základní seznámení s měřicími přístroji.</p>	
<p>Druh vyučovací hodiny: 1 hodina praktických ukázek kombinovaných s výkladem            Didaktické pomůcky: Projektor, PC, přístroje potřebné pro praktické ukázky (voltmetry, ampérmetry, univerzální přístroj...). Hodina probíhá v odborné učebně.            Vzdělávací cíl: Seznámit se s měřicími přístroji, naučit se základy jejich obsluhy.            Výchovný cíl: Uvědomuje si odpovědnost za výsledky svých řešení, dodržuje technické normy, při práci dodržovali zásady a předpisy BOZP.</p>	
I.	<p>OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Definujte proud a napětí.</li> <li>b) Definujte elektrický odpor.</li> <li>c) Jaké znáte další elektrické veličiny.</li> </ol>
II.	<p>VÝKLAD NOVÉHO UČIVA</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Základní rozdělení měřících přístrojů.</li> <li>b) Měřicí rozsahy, chyba měření a vliv odporu měřícího přístroje na výsledky měření.</li> <li>c) Praktické ukázky práce s jednotlivými přístroji – měření proudu, napětí, přepínání rozsahů atd.</li> </ol>
III.	<p>SHRnutí UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ            Probíhá prakticky.</p>
IV.	<p>LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Prezentace <i>Měřicí přístroje</i>.</li> <li>b) DUFEK, M., FAJT, V. <i>Elektrická měření I. a Elektrické měřicí přístroje</i>. Praha: SNTL, 1974.</li> <li>c) KOLEKTIV AUTORU <i>Elektrotechnická měření</i>. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.</li> </ol>

## Teoretický úvod k ostatním cvičením

### Rozdělení přístrojů

- Podle měřené veličiny
- Podle provedení a principu

### Popis analogových měřicích přístrojů

- Stručný přehled měřicích soustav a jejich principů
- – výhody, nevýhody

### Digitální měřicí přístroje - multimetry

- Základní princip, srovnání s analogovými z hlediska použití

### Osciloskopy

- analogové nebo digitální – ukazují časový průběh měřené veličiny

### Měřicí rozsahy a chyba měření a vliv odporu měřicího přístroje

Absolutní chyba (pro voltmetr):  $\Delta_U = U_N - U_S$  kde

$\Delta_U$  je absolutní chyba \*  $U_N$  je naměřená hodnota \*  $U_S$  je skutečná hodnota

Relativní chyba (pro voltmetr)  $\delta_U = \frac{\Delta_U}{U_S} * 100$  [%] kde

$\delta_U$  – relativní chyba \*  $\Delta_U$  je absolutní chyba \*  $U_S$  je skutečná hodnota

Třída přesnosti: Maximální relativní chyba, kterou přístroj může vykázat vztažena na celý rozsah. Je udána na přístroji. Pro voltmetr platí:

$$TP = \frac{\Delta_{Um}}{U_R} * 100 \quad [\%] \quad \text{kde}$$

**TP** – třída přesnosti \*  $\Delta_{Um}$  je maximální absolutní chyba přístroje \*  $U_R$  – měřicí rozsah

### Praktické ukázky použití přístrojů

- ampérmetr
- voltmetr
- osciloskop
- univerzální přístroj

## Související přípravy

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINU Č. 2</b>	
Školní rok: 2013/14. Obor: Elektrotechnika – Mechatronika. Předmět: Měření a diagnostika. Ročník: 2. Vyučovací hodina: 2. – 3. (výkladová). Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měřicí přístroje. Téma vyučovací hodiny: Teorie měření, měřicí soustavy.	
Druh vyučovací hodiny: výkladové. Didaktické pomůcky: Projektor, PC (nebo ve třídě - tabule). Vzdělávací cíl: Zná konstrukci a princip měřících přístrojů, teorie chyb Výchovný cíl: Uvědomuje si odpovědnost za výsledky svých řešení, dodržuje technické normy, při práci dodržovali zásady a předpisy BOZP.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY. a) Zásady první pomoci při úrazu el. proudem. b) Kontrola znalosti laboratorního řádu. c) Ověření znalosti telefonního spojení na jednotný záchranný systém.
II.	MOTIVACE Praktické ukázky měřících přístrojů a jejich ústrojí – spojením teoretické přednášky s praxí dosáhneme lepšího zapamatování a zájmu o tuto měřicí techniku.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA a) Chyby měřících přístrojů, rozsah a konstanta MP, třídy přesnosti. b) Vnitřní odpor měřícího přístroje. c) Symboly používané na měřících přístrojích – jejich význam. d) Analogové měřicí přístroje – princip, měřicí ústrojí. e) Číslicové měřicí přístroje – princip, AD převodník. f) Konkrétní ukázky jednotlivých měřících přístrojů – způsoby měření.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ a) Konstanta ampérmetru, voltmetru a wattmetru. b) Vnitřní odpor přístrojů – jak změřit, popř. kde najít jeho hodnotu c) Třídy přesnosti. d) Ústrojí analogových a digitálních přístrojů.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU Do příští hodiny si připravit otázky k probrané látce.
VI.	LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY a) Prezentace Měřicí přístroje. b) DUFEK, M., FAJT, V. <i>Elektrická měření I., Elektrické měřicí přístroje.</i> Praha: SNTL, 1974. c) KOLEKTIV AUTORŮ <i>Elektrotechnická měření.</i> Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## 2. Ověření voltmetru

### Písenná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA CVIČENÍ Č. 2</b>	
<p>Školní rok:2013/14.            Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.            Předmět: Měření a diagnostika.            Ročník:2.            Vyučovací hodina: 3. - 4. (praktická).            Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.</p>	
<p>Název tematického celku: Měření elektrických veličin.            Téma vyučovací hodiny: Voltmetry, praktické ověření přesnosti voltmetru.</p>	
<p>Druh vyučovací hodiny: 2 hodiny praktického měření.            Didaktické pomůcky: Projektor PC, přístroje potřebné pro zpracování úlohy (zdroj ss, potenciometr, voltmetr, sada odporů, universální měřicí přístroj), hodina probíhá v odborné učebně.            Vzdělávací cíl: Prakticky měřit proud, napětí a odpor a stanovit chybu měření            Výchovný cíl: Uvědomuje si odpovědnost za výsledky svých řešení, dodržuje technické normy, při práci dodržovali zásady a předpisy BOZP.</p>	
I.	<p>OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Popis voltmetru, jeho funkce a změna rozsahu.</li> <li>Popis ampérmetru, jeho funkce a změna rozsahu.</li> <li>Popis wattmetru, jeho funkce.</li> <li>Charakteristika elektrického zdroje – druhy, funkce.</li> <li>Elektrotechnické součástky.</li> </ol>
II.	<p>MOTIVACE</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe.</li> <li>Zapojit všechny studenty při konkrétním měření stejným dílem.</li> </ol>
III.	<p>VÝKLAD NOVÉHO UČIVA</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Obecný popis voltmetru, funkce.</li> <li>Rozsah voltmetru.</li> <li>Určení třídy přesnosti.</li> <li>Výpočet opravné křivky pro zvyšování a snižování napětí.</li> <li>Zjištění korekce a výpočet relativní chyby přístroje.</li> <li>Měření zadané úlohy.</li> </ol>
IV.	<p>SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Popis voltmetru, jeho funkce a rozsah.</li> <li>Určení třídy přesnosti voltmetru.</li> <li>Výpočet opravné křivky pro zvyšování a snižování napětí.</li> <li>Zjištění korekce a výpočet relativní chyby voltmetru.</li> <li>Upřesnění nejasností, prostor pro dotazy.</li> </ol>
V.	<p>ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU</p> <p>Vypracování úlohy na téma „Ověření voltmetru“.</p>

- VI. LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY
- a) Zadání úlohy měření Ověření voltmetru.
  - b) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974.
  - c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I*, Elektrické měřicí přístroje. Praha: SNTL, 1974.
  - d) KLOS, Z. *Elektrická měření*, Brno: VUT, 1988.
  - e) DRECHSLER, R. A KOL., *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
  - f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
  - g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
  - h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992
  - i) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.



## Zadání úlohy č. 2

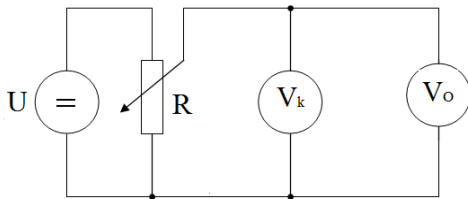
### Název měření: Ověření voltmetru

#### Úkol měření

Ověřte voltmetr na jednom rozsahu pro šest hodnot při plynulém zvětšování napětí a pro šest hodnot při plynulém snižování napětí.

- Z naměřených hodnot vypočtete opravy a nakreslete opravné křivky pro zvětšování i snižování napětí.
- Pro každé měření zjistěte absolutní chybu, relativní chybu. Určete třídu přesnosti a porovnejte, zda pro daný vyhovuje.

#### Popis úkolu



#### Tabulka naměřených a vypočtených hodnot a její popis

Č.měření	$U_o$ [V]	$U_{kn}$ [V]	$\Delta_n$ [V]	$o_n$ [V]	$U_{kd}$ [V]	$\Delta_d$ [V]	$o_d$ [V]
1.							

Měření:

$U_o$ : Napětí měřené ověřovaným

$U_{kn}$ : Přesné napětí směrem nahoru

$U_{kd}$ : Přesné napětí směrem nahoru

Výpočet:

Absolutní odchylka směrem nahoru:  $\Delta_n = U_o - U_{kn}$

Absolutní odchylka směrem nahoru:  $\Delta_d = U_o - U_{kd}$

opravu  $o_n = |\Delta_n|$  a  $o_d = |\Delta_d|$

Třída přesnosti:

Vypočte se pro řádek s největší opravou  $o_{\max}$ :  $\delta_{\max} = \frac{o_{\max}}{M} * 100 = \frac{0,1}{6} * 100 = 1,66\%$

Stanovení křivky oprav graficky:  $o=f(U_o)$

## Související přípravy

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č. 3</b>	
Školní rok: 2013/14	
Obor: Elektrotechnika - Mechatronika	
Předmět: Měření a diagnostika	
Ročník: 2	
Vyučovací hodina: 5. – 6. (výkladové)	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření elektrických veličin.	
Téma vyučovací hodiny: Přístroje, zdroje, pasivní elektrotechnické součástky.	
Druh vyučovací hodiny: výkladové.	
Didaktické pomůcky: Projektor PC, přístroje potřebné pro zpracování úlohy (zdroj ss, potenciometr, voltmetr, sada odporů, universální měřicí přístroj), hodina probíhá v odborné učebně.	
Vzdělávací cíl: Prakticky měřit proud, napětí a odpor a stanovit chybu měření	
Výchovný cíl: Uvědomuje si odpovědnost za výsledky svých řešení, dodržuje technické normy, při práci dodržovali zásady a předpisy BOZP.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY
a)	Chyby měřicích přístrojů.
b)	Konstanta ampérmetru, voltmetru a wattmetru.
c)	Vnitřní odpor přístrojů – jak změřit, popř. kde najít jeho hodnotu.
d)	Třídy přesnosti.
e)	Ústrojí analogových a digitálních přístrojů.
II.	MOTIVACE
a)	Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe.
b)	Zapojit všechny studenty do diskuse.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA
a)	Měření elektrického napětí, dělič napětí.
b)	Měření elektrického proudu.
c)	Změna rozsahu měřicích přístrojů - předřadník, bočník.
d)	Měřicí transformátory proudu a napětí.
e)	Praktické ukázky rezistorů.
f)	Zdroje elektrického proudu – stejnosměrné, střídavé, frekvenčně proměnné.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ
a)	Popis voltmetru, jeho funkce a změna rozsahu.
b)	Popis ampérmetru, jeho funkce a změna rozsahu.
c)	Charakteristika elektrického zdroje – druhy, funkce.
d)	Elektrotechnické součástky.
e)	Spojování součástek – sérioparalelní spojování.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU
	Do příští hodiny si připravit otázky k probrané látce – řešení nejasností.
VI.	LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY
a)	Zadání úlohy měření <i>Ověření voltmetru</i> .
b)	DUFEK, M., FAJT V. <i>Elektrická měření I</i> . Brno: VUT, 1974.

- c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
- d) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
- e) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
- f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
- g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
- h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992.
- i) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

### 3. Změna rozsahu ampérmetru a ověření ampérmetru pro nový rozsah

#### Písemná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA CVIČENÍ Č. 3</b>	
Školní rok: 2013/14. Obor: Elektrotechnika – Mechatronika. Předmět: Měření a diagnostika. Ročník: 2. Vyučovací hodina: 5. - 6. (praktické). Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření elektrických veličin Téma vyučovací hodiny: Změna rozsahu ampérmetru a ověření ampérmetru pro nový rozsah.	
Druh vyučovací hodiny: 2 hodiny praktické měření. Didaktické pomůcky: ampérmetry, bočník, zdroj, dataprojektor. Vzdělávací cíl: umět pracovat s ampérmetry – analogovými, digitálními. Výchovný cíl: Získat vztah k měřícím přístrojům – naučit se opatrnosti.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY a) Popis voltmetru, jeho funkce a změna rozsahu. b) Popis ampérmetru, jeho funkce a změna rozsahu. c) Popis wattmetru, jeho funkce. d) Charakteristika elektrického zdroje – druhy, funkce. e) Elektrotechnické součástky.
II.	MOTIVACE a) Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe. b) Zapojit všechny studenty při konkrétním měření stejným dílem.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA a) Obecný popis ampérmetru, funkce. b) Rozsah ampérmetru, výpočet bočníku. c) Určení třídy přesnosti. d) Výpočet opravné křivky pro zvyšování a snižování proudu. e) Zjištění korekce a výpočet relativní chyby přístroje. f) Měření zadané úlohy.
IV.	SHRUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ a) Popis ampérmetru, jeho funkce a rozsah. b) Určení třídy přesnosti ampérmetru. c) Výpočet opravné křivky pro zvyšování a snižování proudu. d) Zjištění korekce a výpočet relativní chyby ampérmetru. e) Upřesnění nejasností, prostor pro dotazy.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU Vypracování úlohy na téma „Změna rozsahu ampérmetru a ověření ampérmetru pro nový rozsah“.

- VI. LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY
- a) Zadání úlohy měření *Změna rozsahu ampérmetru a ověření ampérmetru pro nový rozsah.*
  - b) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I.* Brno: VUT, 1974
  - c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje.* Praha: SNTL, 1974.
  - d) KLOS, Z. *Elektrická měření.* Brno: VUT, 1988.
  - e) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody.* Praha: SNTL, 1973.
  - f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření.* Praha: SNTL, 1974.
  - g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice.* Praha: SNTL, 1976.
  - h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice.* Praha: VUT, 1992
  - i) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření.* Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

### Zadání úlohy č. 3

#### Název měření: Změna rozsahu ampérmetru a ověření ampérmetru pro nový rozsah

Úkol měření:

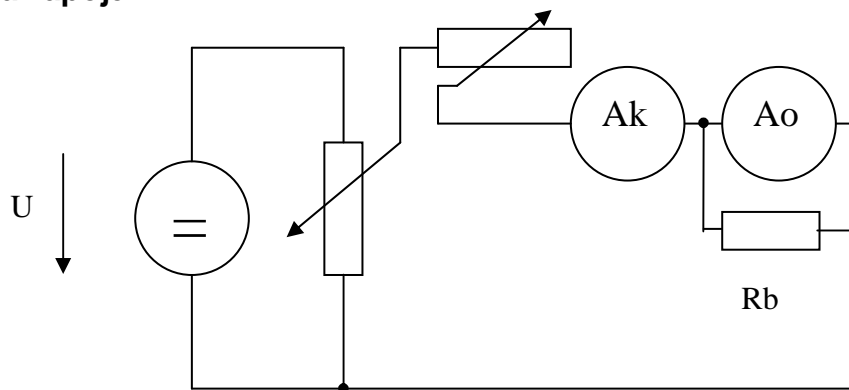
- 1.1. Zjistěte vnitřní odpor ampérmetru
- 1.2. Navrhněte bočník
- 1.3. Ověřte ampérmetr na novém rozsahu pro šest hodnot při plynulém zvětšování proudu a pro šest hodnot při plynulém zmenšování proudu
- 1.4. Z naměřených hodnot vypočtete průměrné opravy a nakreslete opravnou křivku
- 1.5. Zjistěte největší opravu – korekci a z ní vypočtete relativní – procentní chybu přístroje
- 1.6. Určete třídu přesnosti přístroje jako nejbližší vyšší číslo ze stanovené řady.

#### Teoretický úvod:

Elektrotechnická měření str. 96

#### Popis metody měření:

#### Schéma zapojení:



## Související přípravy

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č. 3</b>
Školní rok:2013/14. Obor: Elektrotechnika – Mechatronika. Předmět: Měření a diagnostika. Ročník:2. Vyučovací hodina: 5. – 6. (výkladové). Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.
Název tematického celku: Měření elektrických veličin. Téma vyučovací hodiny: Přístroje, zdroje, pasivní elektrotechnické součástky.
Druh vyučovací hodiny: výkladové Didaktické pomůcky: Projektor PC, přístroje potřebné pro zpracování úlohy (zdroj ss, potenciometr, voltmetr, sada odporů, universální měřící přístroj), hodina probíhá v odborné učebně. Vzdělávací cíl: Prakticky měřit proud, napětí a odpor a stanovit chybu měření Výchovný cíl: Uvědomuje si odpovědnost za výsledky svých řešení, dodržuje technické normy, při práci dodržovali zásady a předpisy BOZP.
I. OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY a) Chyby měřících přístrojů. b) Konstanta ampérmetru, voltmetru a wattmetru. c) Vnitřní odpor přístrojů – jak změřit, popř. kde najít jeho hodnotu. d) Třídy přesnosti. e) Ústrojí analogových a digitálních přístrojů.
II. MOTIVACE a) Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe. b) Zapojit všechny studenty do diskuse.
III. VÝKLAD NOVÉHO UČIVA a) Měření elektrického napětí, dělič napětí b) Měření elektrického proudu. c) Změna rozsahu měřících přístrojů - předřadník, bočník. d) Měřící transformátory proudu a napětí. e) Praktické ukázky rezistorů. f) Zdroje elektrického proudu – stejnosměrné, střídavé, frekvenčně proměnné.
IV. SHRUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ a) Popis voltmetru, jeho funkce a změna rozsahu. b) Popis ampérmetru, jeho funkce a změna rozsahu. c) Charakteristika elektrického zdroje – druhy, funkce. d) Elektrotechnické součástky. e) Spojování součástek – sérioparalelní spojování.
IV. ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU Do příští hodiny si připravit otázky k probrané látce – řešení nejasností.
V. LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY a) Učební text – prezentace <i>Měření elektrických veličin</i> . b) DUFEK, M., FAJT V. <i>Elektrická měření I</i> . Brno : VUT, 1974.

- c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
- d) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
- e) DRECHSLER, R. A KOL., *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
- f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
- g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
- h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992.
- i) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.



## 4. Měření hodnoty neznámého rezistoru Ohmovou metodou a můstkovou metodou

### Písemná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA CVIČENÍ Č. 4</b>	
Školní rok:	2013/14.
Obor:	Elektrotechnika – Mechatronika.
Předmět:	Měření a diagnostika.
Ročník:	2.
Vyučovací hodina:	7. - 8. (praktické).
Zpracoval:	ing. Milan Nechanický Ph.D.
Název tematického celku: Měření elektrických veličin.	
Téma vyučovací hodiny: Měření hodnoty neznámého rezistoru Ohmovou metodou a můstkovou metodou.	
Druh vyučovací hodiny: 2 hodiny praktické měření.	
Didaktické pomůcky: voltmetry, ampérmetr, zdroj, rezistory, dataprojektor	
Vzdělávací cíl: Znat pojem „rezistor“ a umět změřit jeho hodnotu.	
Výchovný cíl: Dbát na bezpečnost, pořádek a opatrnost při zacházení s měřicími přístroji.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY
a)	Popis ampérmetru, jeho funkce a rozsah.
b)	Určení třídy přesnosti ampérmetru.
c)	Výpočet opravné křivky pro zvyšování a snižování proudu.
d)	Zjištění korekce a výpočet relativní chyby ampérmetru.
II.	MOTIVACE
	Zaujmout studenty řešením a měřením konkrétních situací vycházejících z praxe.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA
a)	Obecný popis měření neznámého odporu Ohmovou metodou.
b)	Vysvětlení schéma zapojení pro měření malých a velkých rezistorů.
c)	Vnitřní odpor voltmetru a ampérmetru – chyba měření.
d)	Obecný popis měření totožného odporu můstkovou metodou.
e)	Porovnání obou typů měření.
f)	Měření zadané úlohy.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ
a)	Změření neznámého odporu Ohmovou metodou pro dvě hodnoty U a I.
b)	Výpočet hodnoty rezistoru z naměřených hodnot U a I.
c)	Porovnání naměřených a štítkových hodnot.
d)	Změření totožného neznámého odporu můstkovou metodou.
e)	Výpočet hodnoty neznámého rezistoru.
f)	Porovnání naměřené a štítkové hodnoty.
g)	Porovnání výsledků obou typů měření.
h)	Upřesnění nejasností, prostor pro dotazy.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU
	Vypracování referátu na téma <i>Měření hodnoty neznámého rezistoru</i> .

Ohmovou metodou a můstkovou metodou“.

- VI. LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY .
- a) Zadání úlohy měření *Měření hodnoty neznámého rezistoru Ohmovou metodou a můstkovou metodou.*
  - b) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I.* Brno: VUT, 1974.
  - c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje.* Praha: SNTL, 1974.
  - d) KLOS, Z. *Elektrická měření.* Brno: VUT, 1988.
  - e) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody.* Praha: SNTL, 1973.
  - f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření.* Praha: SNTL, 1974.
  - g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice.* Praha: SNTL, 1976.
  - h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice.* Praha: VUT, 1992.
  - c) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření.* Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## Zadání úlohy č. 4

**Název měření: Změřte hodnotu neznámého rezistoru Ohmovou metodou a můstkovou metodou**

Úkol měření:

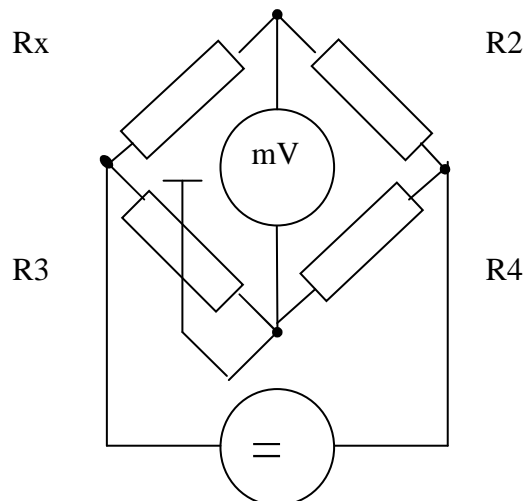
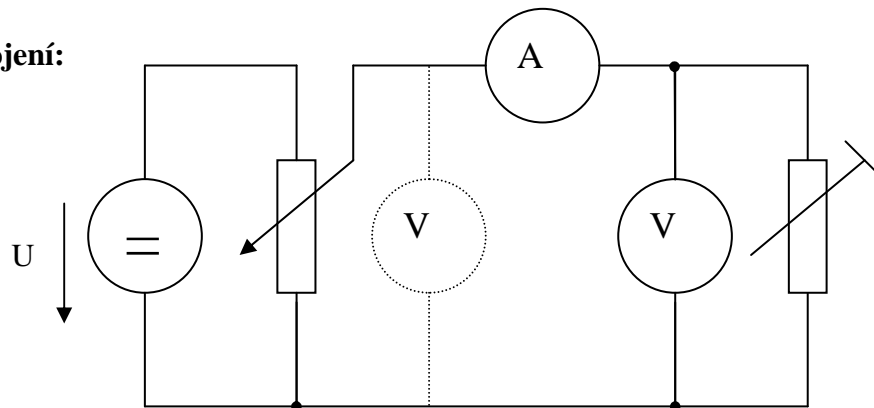
- 1.1. Změřte neznámý odpor Ohmovou metodou pro dvě hodnoty  $U$  a  $I$  a porovnejte naměřenou a skutečnou hodnotu (změřenou Metexem). Zvolte metodu zapojení dle hodnoty  $R_x$  v porovnání s odmocninou součinu  $R_v$  a  $R_a$ .
- 1.2. Zjistěte chybu metody.
- 1.3. Změřte stejný neznámý odpor můstkovou metodou a porovnejte naměřenou a skutečnou hodnotu. Zjistěte chybu metody.
- 1.4. Porovnejte výsledky.

**Teoretický úvod:**

Elektrotechnická měření str. 111, 131

**Popis metody měření:**

**Schéma zapojení:**



## Související přípravy

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č. 3</b>	
Školní rok:2013/14.	
Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.	
Předmět: Měření a diagnostika.	
Ročník:2.	
Vyučovací hodina: 5. – 6. (výkladové).	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření elektrických veličin.	
Téma vyučovací hodiny: Přístroje, zdroje, pasivní elektrotechnické součástky.	
Druh vyučovací hodiny: výkladové.	
Didaktické pomůcky: Projektor PC, přístroje potřebné pro zpracování úlohy (zdroj ss, potenciometr, voltmetr, sada odporů, universální měřící přístroj), hodina probíhá v odborné učebně.	
Vzdělávací cíl: Prakticky měřit proud, napětí a odpor a stanovit chybu měření	
Výchovný cíl: Uvědomuje si odpovědnost za výsledky svých řešení, dodržuje technické normy, při práci dodržovali zásady a předpisy BOZP.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY
a)	Chyby měřících přístrojů.
b)	Konstanta ampérmetru, voltmetru a wattmetru.
c)	Vnitřní odpor přístrojů – jak změřit, popř. kde najít jeho hodnotu.
d)	Třídy přesnosti.
e)	Ústrojí analogových a digitálních přístrojů.
II.	MOTIVACE
a)	Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe.
b)	Zapojit všechny studenty do diskuse.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA
a)	Měření elektrického napětí, dělič napětí.
b)	Měření elektrického proudu.
c)	Změna rozsahu měřících přístrojů - předřadník, bočník.
d)	Měřící transformátory proudu a napětí.
e)	Praktické ukázky rezistorů.
f)	Zdroje elektrického proudu – stejnosměrné, střídavé, frekvenčně proměnné.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ
a)	Popis voltmetru, jeho funkce a změna rozsahu.
b)	Popis ampérmetru, jeho funkce a změna rozsahu.
c)	Charakteristika elektrického zdroje – druhy, funkce.
d)	Elektrotechnické součástky.
e)	Spojování součástek – sérioparalelní spojování.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU
	Do příští hodiny si připravit otázky k probrané látce – řešení nejasností.
VI.	LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY
a)	Učební text – prezentace Měření elektrických veličin.
b)	DUFEK, M., FAJT V. <i>Elektrická měření I.</i> Brno : VUT, 1974.

- c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
- d) KLOS, Z. *Elektrická měření*, Brno: VUT, 1988.
- e) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
- f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
- g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
- h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992
- c) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## 5. Měření kapacity pomocí A-metru, V-metru a můstku

### Písenná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA CVIČENÍ Č. 5</b>	
Školní rok:2013/14.	
Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.	
Předmět: Měření a diagnostika.	
Ročník:2.	
Vyučovací hodina: 9. - 10. (praktické).	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření výkonu a lineárních elektrických součástek	
Téma vyučovací hodiny: Měření kapacity pomocí A-metru, V-metru a můstku.	
Druh vyučovací hodiny: 2 hodiny praktické měření.	
Didaktické pomůcky: voltmetr, ampérmetr, můstek, zdroj, kondenzátory, dataprojektor	
Vzdělávací cíl: Naučit se co je kapacita a kapacitní reaktance, frekvenční závislost	
Výchovný cíl: Získat vztah k měřicím přístrojům, zdrojům a elektrotechnickým součástkám – naučit se opatrnosti.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY
a)	Elektrický výkon, příkon, účinnost.
b)	Činný, jalový a zdánlivý výkon, fázový posun, účiník – základní vztahy.
c)	Popis wattmetru, jeho funkce.
d)	Indukčnost, kapacita – základní výpočtové vzorce.
e)	Induktivní a kapacitní reaktance, impedance – základní výpočtové vzorce
f)	Fázorový diagram.
II.	MOTIVACE
a)	Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe.
b)	Naučit se měřit kapacitu pomocí A-metru, V-metru a můstku.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA
a)	Vysvětlení změření kapacity tří kondenzátorů pomocí A-metru, V-metru v obvodu střídavého proudu pro dvě hodnoty napětí U a zvolený kmitočet f
b)	Vzorec výpočtu Cx pro obě hodnoty U.
c)	Měření pomocí můstku (Metexu).
d)	Měření kmitočtu f a měření kmitočtové závislosti reaktance Xc jednoho zvoleného kondenzátoru
e)	Porovnání naměřených hodnot a vytvoření grafu
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ
a)	Změření kapacity daných kondenzátorů pomocí A-metru, V-metru a můstku
b)	Výpočet Cx pro hodnoty U
c)	Postupné měření kmitočtu f a měření kmitočtové závislosti reaktance Xc zvoleného kondenzátoru.
d)	Vytvoření grafu.
e)	Porovnání naměřených hodnot a popsání průběhu grafu.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU
	Vypracování práce na téma „Měření kapacity pomocí A-metru, V-metru a můstku“.

- VI. LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY
- a) Zadání úlohy měření „Měření kapacity pomocí A-metru, V-metru a můstku“
  - b) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974
  - c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
  - d) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
  - e) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
  - f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
  - g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
  - h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992
  - i) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## Zadání úlohy č. 5

### Název měření: Měření kapacity pomocí A-metru, V-metru a můstku.

Úkol měření:

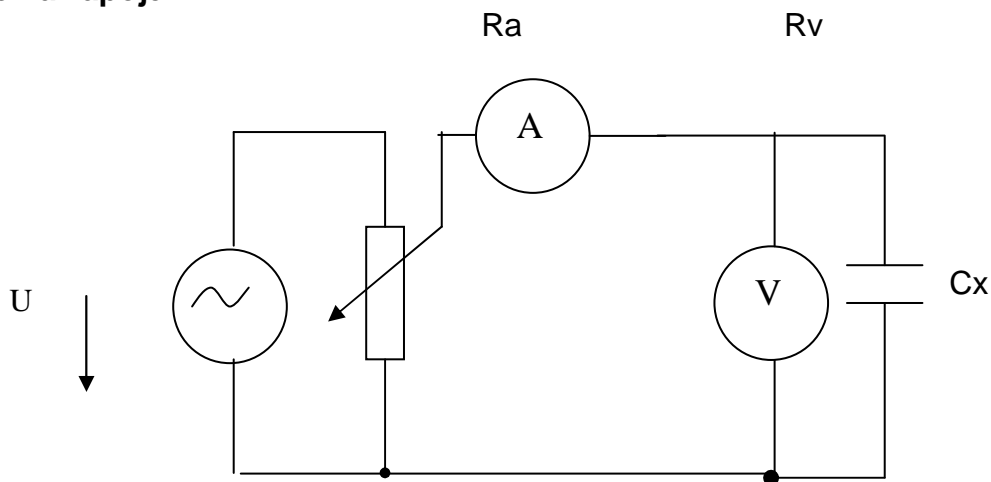
- 1.1. Změřte kapacitu tří kondenzátorů pomocí A-metru, V-metru v obvodu střídavého pro dvě hodnoty napětí  $U$  a zvolený kmitočet  $f$ .
- 1.2. Vypočtěte  $C_x$  pro obě hodnoty  $U$ .
- 1.3. Stejně kondenzátory změřte pomocí můstku/Metexu.
- 2.1. Měňte kmitočet  $f$  od 10 Hz do 1000 Hz a změřte kmitočtovou závislost reaktance  $X_c$  jednoho zvoleného kondenzátoru.
- 2.2. Závislost vynesete do grafu.
- 2.3. Porovnejte naměřené hodnoty a popište průběh grafu.

**Teoretický úvod:** zde použijte znalosti z ELE

### Popis metody měření:

Zapojení volíme podobně jako u Ohmovy metody podle velikosti reaktance  $X$ .

### Schéma zapojení:



### Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů:

### Postup měření:

#### Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro jednotlivé kondenzátory

Štítková kapacita (F)	U (V)	I (A)	$X_c(\Omega)$	$C_x$ (F)	$C_x$ (F) změřená můstkem

#### Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro kmitočtovou závislost reaktance $X_c$

Kondenzátor C =				
f (Hz)	U (V)	I (A)	$X_c(\Omega)$	C(F)

### Příklad výpočtu:



**Graf závislosti reaktance na kmitočtu:**

**Závěr:**

## Související přípravy

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č 4</b>	
Školní rok:2013/14.	
Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.	
Předmět: Měření a diagnostika.	
Ročník:2.	
Vyučovací hodina: 7. – 8. (výkladové, testovací).	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření elektrických veličin.	
Téma vyučovací hodiny: Opakování a testování vědomostí.	
Druh vyučovací hodiny: výkladové, testovací.	
Didaktické pomůcky: dataprojektor.	
Vzdělávací cíl: Ověření znalostí studentů.	
Výchovný cíl: Naučit se zodpovědnému chování.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY
a)	Obecný popis měření neznámého odporu Ohmovou metodou.
b)	Vysvětlení schéma zapojení pro měření malých a velkých rezistorů.
c)	Vnitřní odpor voltmetru a ampérmetru – chyba měření.
d)	Obecný popis měření totožného odporu můstkovou metodou.
II.	MOTIVACE
a)	Navodit bezstresové prostředí – namotivovat studenty k co nejlepšímu výkonu při testování znalostí.
b)	Snaha o získání dobrého pocitu z dobře odvedené práce.
III.	TESTOVÁNÍ ZNALOSTÍ STUDENTŮ – OKRUHY TÉMAT
a)	Schéma zapojení pro měření třídy přesnosti voltmetru, rozsah voltmetru, výpočet pro změnu rozsahu voltmetru pomocí předřadníku.
b)	Schéma zapojení pro měření třídy přesnosti ampérmetru, rozsah ampérmetru, výpočet bočnicku.
c)	Určení třídy přesnosti měřicího přístroje- výpočet.
d)	Křivka oprav, výpočet absolutní a relativní chyby přístrojů.
e)	Schéma zapojení pro měření malých a velkých rezistorů Ohmovou metodou, výpočet.
f)	Vnitřní odpor voltmetru a ampérmetru – chyba měření.
g)	Schéma zapojení pro měření odporu můstkovou metodou, výpočet.
IV.	SHRNUTÍ A ZHODNOCENÍ TESTOVÁNÍ
a)	Zodpovědění a shrnutí testových otázek.
b)	Oprava testu – zodpovědění nejasností.
c)	Prostor pro zajímavosti a technické novinky.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU
	Do příští hodiny si připravit otázky k probrané látce – řešení nejasností.
VI.	LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY
a)	Učební text – prezentace <i>Měření výkonu a pasivních elektrických součástek</i>
b)	DUFEK, M., FAJT V. <i>Elektrická měření I.</i> Brno: VUT, 1974.

- c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
- d) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
- e) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
- f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
- g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
- h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992
- i) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č 5

Školní rok: 2013/14.

Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.

Předmět: Měření a diagnostika.

Ročník: 2.

Vyučovací hodina: 9. – 10. (výkladové).

Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.

Název tematického celku: Měření výkonu a lineárních elektrických součástek

Téma vyučovací hodiny: Teoretický rozbor měření výkonu, lineární elektrotechnické součástky.

Druh vyučovací hodiny: výkladové.

Didaktické pomůcky: dataprojektor, wattmetr, el. součástky.

Vzdělávací cíl: umět pracovat s wattmetrem, rozpoznat lineární el. součástky

Výchovný cíl: Získat vztah k měřícím přístrojům, zdrojům a elektrotechnickým součástkám – naučit se opatrnosti.

### I. OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY

- a) Opakování, doplnění informací k předchozímu tematickému celku.
- b) Vyhodnocení testu – zodpovězení nejasností.
- c) Prostor pro zajímavosti a technické novinky.

### II. MOTIVACE

- a) Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe.
- b) Zapojit všechny studenty do diskuse.

### III. VÝKLAD NOVÉHO UČIVA

- a) Elektrický výkon, příkon, účinnost.
- b) Činný, jalový a zdánlivý výkon, fázový posun, účiník.
- c) Měření elektrického výkonu.
- d) Výpočet konstanty wattmetru – rozsah, zapojení svorek.
- e) Indukčnost, kapacita, induktivní a kapacitní reaktance, impedance.
- f) Závislost kapacitní a induktivní reaktance na frekvenci.
- g) Fázorové diagramy.
- h) Praktické ukázky kapacitorů a induktorů.

### IV. SHRUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

- a) Elektrický výkon, příkon, účinnost.
- b) Činný, jalový a zdánlivý výkon, fázový posun, účiník – základní vztahy.
- c) Popis wattmetru, jeho funkce.
- d) Indukčnost, kapacita – základní výpočtové vzorce.
- e) Induktivní a kapacitní reaktance, impedance – základní výpočtové vzorce.
- f) Fázorový diagram.
- g) Spojování součástek – sérioparalelní spojování.

### V. ZADÁNÍ DOMÁCIHO ÚKOLU

Do příští hodiny si připravit otázky k probrané látce – řešení nejasností.

### VI. LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY

- a) Učební text – prezentace „Měření výkonu a pasivních elektrických součástek“
- b) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974.

- c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
- d) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
- e) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
- f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
- g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
- h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992
- i) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## 6. Měření impedance cívky pomocí A-metru, V-metru a W-metru

### Písemná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA CVIČENÍ Č. 6</b>	
Školní rok: 2013/14. Obor: Elektrotechnika – Mechatronika. Předmět: Měření a diagnostika. Ročník: 2. Vyučovací hodina: 11. - 12. (praktické). Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření výkonu a lineárních elektrických součástek Téma vyučovací hodiny: Měření impedance cívky pomocí A-metru, V-metru a W-metru.	
Druh vyučovací hodiny: cvičení. Didaktické pomůcky: voltmetr, ampérmetr, wattmetr, zdroj, induktor, dataprojektor. Vzdělávací cíl: Naučit se co je indukčnost, induktivní reaktance, impedance. Výchovní cíl: Získat vztah k měřícím přístrojům, zdrojům a elektrotechnickým součástkám – naučit se opatrnosti.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY. a) Měření kapacity tří kondenzátorů pomocí A-metru, V-metru v obvodu střídavého proudu pro dvě hodnoty napětí $U$ a zvolený kmitočet $f$ . b) Měření pomocí můstku (Metexu). c) Fázorový diagram.
II.	MOTIVACE a) Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe b) Naučit se měřit impedanci cívky pomocí A-metru, V-metru a W-metru
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA a) Měření impedance ( $Z_x$ ), činného odporu ( $R_x$ ) a indukčnosti ( $L_x$ ) vzduchové cívky a cívky se železným jádrem. b) Měření $I$ , $P$ u vzduchové cívky pro střídavý proud. c) Výpočet korigovaného výkonu $P$ , $Z_x$ , $R_x$ , $L_x$ . d) Měření pomocí síťového analyzáru.
IV.	SHRUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ a) Impedance, činný odpor a indukčnost vzduchové cívky a cívky se železným jádrem - rozdíl. b) Výpočet $Z_x$ , $R_x$ a $L_x$ pro každou z trojice naměřených hodnot a jejich zanesení do grafu. c) Nakreslení fázorového diagramu pro obě cívky. d) Porovnání naměřených hodnot u obou typů cívek.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU Vypracování práce na téma „Měření impedance cívky pomocí A-metru, V-metru a W-metru“.
VI.	LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY. a) Zadání úlohy měření <i>Měření impedance cívky pomocí A-metru, V-metru a W-</i>

*metru.*

- b) Využití znalostí z ELE.
- c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974.
- d) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
- e) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
- f) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
- g) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
- h) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
- i) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992.
- c) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## Zadání úlohy č. 6

### Název měření: Měření impedance cívky pomocí A-metru, V-metru a W-metru

Úkol měření:

1.1. Změřte impedanci  $Z_x$ , činný odpor  $R_x$  a indukčnost  $L_x$  cívky **vzduchové** a cívky se **železným jádrem** (u ní jen pro dvě hodnoty napětí).

1.2 Pro střídavé napětí v rozmezí  $U=0-40V$  měřte  $I$ ,  $P$  cívky vzduchové.

1.2.1. Vypočtete korigovaný výkon  $P'$ : od naměřené hodnoty výkonu  $P$  odečtete výkon ztracený ve V-metru ( $U^2/R_v$ ) a napěťové cívce W-metru ( $U^2/R_{nw}$ ), nebo A-metru ( $R_a I^2$ ) a proudové cívce W-metru ( $R_{pw} I^2$ ).

1.2.2. Pro každou trojici naměřených hodnot vypočtete  $Z_x, R_x, L_x$  a vynesete do grafu  $L_x = f(U)$ .

1.2.3. Pro zvolené napětí nakreslete fázorový diagram (pro obě cívky).

1.3. Stejnou úlohu jako v 5. 2. změřte pomocí síťového analyzáru Lutron a porovnejte naměřené hodnoty.

1.4. Porovnejte naměřené hodnoty pro cívku vzduchovou a cívku se železným jádrem a průběhy grafů.

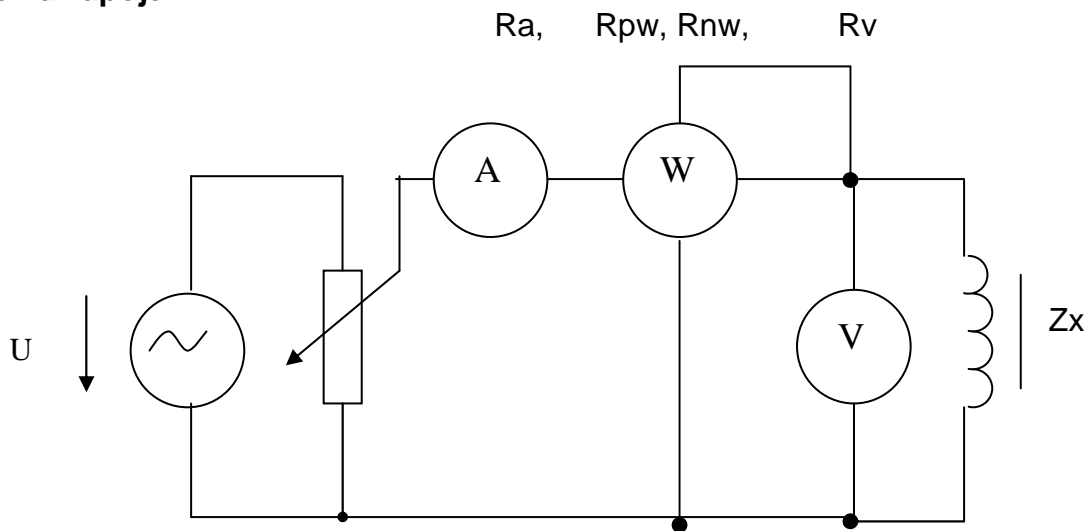
**Teoretický úvod:** zde použijte znalosti z ELE

**Pozor!**  $\cos \varphi = P'/(UI)$

**Popis metody měření:**

Zapojení volíme podobně jako u Ohmovy metody podle velikosti impedance  $Z_x$ .

**Schéma zapojení:**



**Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů:**

**Postup měření:**

Konstanty měřicích přístrojů:

**Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro cívku bez jádra**

Č.měřen í	U (V)	I (A)	P (W)	P'(W)	cos φ	Z <sub>x</sub> (Ω)	R <sub>x</sub> (Ω)	L <sub>x</sub> (H)
1.								
...								

**Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro cívku se železným jádrem**

Č.měřen	U (V)	I (A)	P (W)	P'(W)	cos φ	Z <sub>x</sub> (Ω)	R <sub>x</sub> (Ω)	L <sub>x</sub> (H)
---------	-------	-------	-------	-------	-------	--------------------	--------------------	--------------------



í								
1.								
...								

**Příklad výpočtu:**

**Fázorový diagram:**

**Grafy závislostí indukčnosti na napětí pro cívku bez jádra a se železným jádrem:**

**Závěr:**

## **Související přípravy**

Viz. PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č 5 (STR. 26 - 29).

## 7. Měření výkonu pomocí A-metru, V-metru a W-metru

### Písenná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA CVIČENÍ Č. 7</b>	
Školní rok:2013/14. Obor: Elektrotechnika – Mechatronika. Předmět: Měření a diagnostika. Ročník:2. Vyučovací hodina: 13. - 14. (praktické). Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření výkonu a lineárních elektrických součástek. Téma vyučovací hodiny: Měření výkonu pomocí A-metru, V-metru a W-metru.	
Druh vyučovací hodiny: cvičení. Didaktické pomůcky: voltmetr, ampérmetr, wattmetr, zdroj, induktor, dataprojektor. Vzdělávací cíl: Naučit se co je činný, jalový a zdánlivý výkon. Výchovný cíl: Získat vztah k měřicím přístrojům, zdrojům a elektrotechnickým součástkám – naučit se opatrnosti.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY a) Impedance, činný odpor a indukčnost vzduchové cívky a cívky se železným jádrem - rozdíl. b) Výpočet $Z_x$ , $R_x$ a $L_x$ . c) Kreslení fázorového diagramu.
II.	MOTIVACE a) Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe. b) Naučit se měřit výkon pomocí A-metru, V-metru a W-metru.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA a) Měření činného výkonu vzduchové cívky v obvodu stejnosměrného proudu pomocí A-metru, V-metru a W-metru. b) Měření činného, jalového a zdánlivého výkonu v obvodu střídavého proudu u vzduchové cívky pomocí A-metru, V-metru a W-metru. c) Měření činného, jalového a zdánlivého výkonu v obvodu střídavého proudu u vzduchové cívky pomocí síťového analyzáru. d) Kreslení fázorového diagramu, fázový posun, účinník – výpočet.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ a) Činný výkon vzduchové cívky v obvodu stejnosměrného proudu. b) Činný, jalový a zdánlivý výkon v obvodu střídavého proudu u vzduchové cívky. c) Korigovaný výkonu $P$ – ztráty na měřicích přístrojích – chyba měření. d) Výpočet $Q$ , $S$ . e) Vytvoření fázového diagramu. f) Rozdíl hodnot měření v obvodu střídavého a stejnosměrného proudu.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU Vypracování práce na téma „Měření výkonu pomocí A-metru, V-metru a W-metru“.

- VI. LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY
- a) Zadání úlohy měření *Měření výkonu pomocí A-metru, V-metru a W-metru*
  - b) Využití znalostí z ELE.
  - c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974.
  - d) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
  - e) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
  - f) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
  - g) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
  - h) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
  - i) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992
  - j) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## Zadání úlohy č. 7

### Název měření: Měření výkonu pomocí A-metru, V-metru a W-metru

Úkol měření:

- 1.1. Změřte činný výkon  $P$  vzduchové cívky v obvodu **stejnoseměrného** proudu pro dvě hodnoty napětí.
- 1.2. Změřte činný výkon  $P$ , jalový výkon  $Q$  a zdánlivý výkon  $S$  v obvodu **střídavého** proudu vzduchové cívky.
  - 1.2.1. Měřte  $I$ ,  $P$  cívky vzduchové v rozmezí  $U=0-40V$ .
  - 1.2.2. Vypočtěte korigovaný výkon  $P'$ : od naměřené hodnoty výkonu  $P$  odečtěte výkon ztracený ve V-metru ( $U^2/R_v$ ) a napěťové cívice W-metru ( $U^2/R_{nw}$ ), nebo A-metru ( $R_a I^2$ ) a proudové cívice W-metru ( $R_{pw} I^2$ ).
  - 1.2.3. Pro každou trojici naměřených hodnot vypočtěte  $Q$ ,  $S$  a vynesete do grafu  $P, Q, S = f(U)$ .
  - 1.2.4. Pro zvolené napětí nakreslete fázorový diagram.
- 1.3. Stejnou úlohu jako v 6.2. změřte pomocí síťového analyzáru Lutron a porovnejte naměřené hodnoty.
- 1.4. Porovnejte naměřené hodnoty pro obvod ss a střídavého proudu.

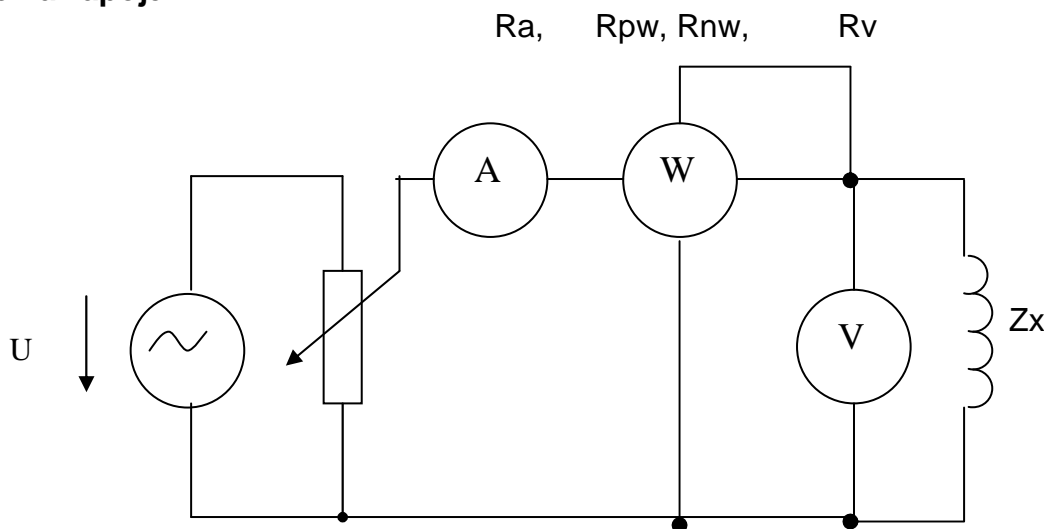
**Teoretický úvod:** zde použijte znalosti z ELE

**Pozor!**  $\cos \varphi = P'/(UI)$

### Popis metody měření:

Zapojení volíme podobně jako u Ohmovy metody podle velikosti impedance  $Z_x$ .

**Schéma zapojení:**



**Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů:**

### Postup měření:

Konstanty měřicích přístrojů

**Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro obvod stejnosměrného proudu:**

Konstanty měřicích přístrojů

**Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro cívku bez jádra**

Č.měření	U (V)	I (A)	P (W)	P' (W)	cos $\varphi$	Q (var)	S (VA)
1.							

...							
-----	--	--	--	--	--	--	--

**Příklad výpočtu:**

**Fázorový diagram:**

**Graf závislostí výkonů  $P$ ,  $Q$ ,  $S$  na napětí pro cívku vzduchovou:**

**Závěr:**

## **Související přípravy**

Viz. PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č. 5 (STR. 26 - 29).

## 8. Měření na rezistoru a fotorezistoru

### Písenná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA CVIČENÍ Č. 8</b>	
Školní rok:2013/14. Obor: Elektrotechnika – Mechatronika. Předmět: Měření a diagnostika. Ročník:2. Vyučovací hodina: 15. - 16. (praktické). Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření nelineárních elektrických součástí. Téma vyučovací hodiny: Měření na rezistoru a fotorezistoru.	
Druh vyučovací hodiny: cvičení. Didaktické pomůcky: Projektor PC, přístroje potřebné pro zpracování úlohy (zdroj stejnosměrného naspětí, potenciometry, voltmetr a ampérmetr, rezistory, fotorezistory. Hodina probíhá v odborné učebně. Vzdělávací cíl: Prakticky měřit VA charakteristiku rezistoru a fotorezistoru, a osvětlovací charakteristiku fotorezistoru. Výchovný cíl: Uvědomuje si odpovědnost za výsledky svých řešení, dodržuje technické normy, při práci dodržovali zásady a předpisy BOZP.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY a) Opakování, doplnění informací k předchozímu tematickému celku. b) Vyhodnocení testu – zodpovězení nejasností. c) Prostor pro zajímavosti a technické novinky.
II.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA a) Měření VA-charakteristiky rezistorů. b) Měření VA-charakteristiky fotorezistoru. c) Měření převodní charakteristiky fotorezistoru.
III.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ Probíhá prakticky.
IV.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU. Vypracování seminární práce na téma „Měření na rezistoru a fotorezistoru“.
V.	LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY a) Zadání úlohy měření <i>Měření na rezistoru a fotorezistoru</i> . b) Využití znalostí z ELE. c) DUFEK, M., FAJT V. <i>Elektrická měření I</i> . Brno: VUT, 1974. d) DUFEK, M., FAJT V. <i>Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje</i> . Praha: SNTL, 1974. e) KLOS, Z. <i>Elektrická měření</i> . Brno: VUT, 1988. f) DRECHSLER, R. A KOL. <i>Elektrická měření II. – Základní metody</i> . Praha: SNTL, 1973. g) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. <i>Elektrotechnické měřicí přístroje a měření</i> . Praha: SNTL, 1974. h) KLESKEŇ, B. <i>Elektrotechnická měření - Měření v elektronice</i> . Praha: SNTL, 1976.



- i) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992.
- j) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

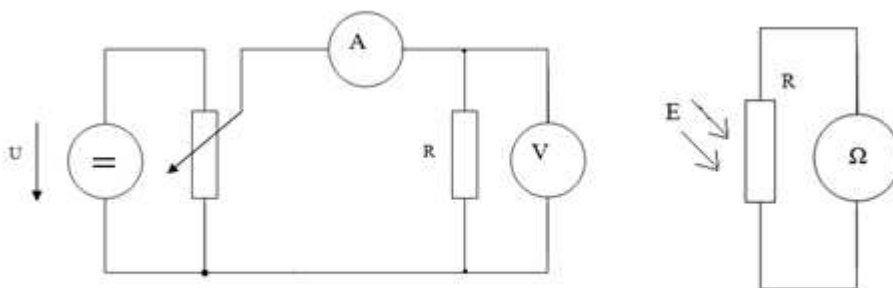
## Zadání úlohy č. 8

**Název měření:** Měření na rezistoru a fotorezistoru

### Úkol měření

1. Změřte VA charakteristiku dodaných rezistorů pro minimálně 5 hodnot napětí
2. Změřte VA charakteristiku fotorezistoru pro 3 hodnoty osvětlení (jasné světlo 180 lx, denní světlo 150 lx, tma 0 lx)
3. Z naměřených hodnot sestavte následující grafy:  
 VA charakteristiky 3 rezistorů  $i=f(u)$   
 VA charakteristiky fotorezistoru pro 3 hodnoty osvětlení  $i=f(u)$   
 Hlavní charakteristiku fotorezistoru  $r=f(e)$

### Popis úkolu:



### Postup měření

**Add1.** Pro 3 rezistory regulujeme napětí v intervalu  $\langle 0,20 \rangle$  po 2V. Odečítáme proud.

**Add2.** Místo rezistoru zapojíme do obvodu fotorezistor. Měření provedeme 3X pro 3 hodnoty osvětlení. Protože nejde osvětlení přesně nastavit, improvizujeme takto. Luxmetr umístíme těsně vedle fotoodporu a změříme skutečné osvětlení, při kterém provedeme proměření. Světlo lze regulovat např takto:

- Zakrytí dlaní
- Osvětlení zářivkou
- Bez zářivky

**Add3** Fotorezistor zapojíme přímo na ohmetr a osvětlujeme ho tak, abychom získali alespoň 5 hodnot osvětlení a odporu. Sestavíme graf  $r=f(e)$

### Tabulka hodnot

Rezistory			Fotorezistor VA			Fotorezistor - osvětlovací		
Č.měření	U [V]	I [A]	Č.měření	U [V]	I [A]	Č. měř.	R[Ω]	E[Lx]
1.-5.	změříme	změříme	$E_1$ 1-5	změříme	změříme	1-5	změříme	změříme
			$E_2$ :1-5	změříme	změříme			
			$E_3$ -1-5	změříme	změříme			

### Grafy

3X VA charakteristika odporů  $u=f(i)$

1X VA charakteristika fotoodporu  $u=f(i)$

1X osvětlovací charakteristika fotorezistoru  $r=f(e)$

## Související přípravy

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č. 6</b>	
Školní rok: 2013/14	
Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.	
Předmět: Měření a diagnostika.	
Ročník: 2.	
Vyučovací hodina: 11. – 12. (výkladové).	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření nelineárních elektrických součástek.	
Téma vyučovací hodiny: Teoretický rozbor měření VA charakteristik fotorezistorů, diod, fotodiod, usměrňovače; stabilizace napětí.	
Druh vyučovací hodiny: výkladové.	
Didaktické pomůcky: dataprojektor, wattmetr, el. součástky.	
Didaktické pomůcky: dataprojektor, el. součástky.	
Vzdělávací cíl: Rozpoznat druhy diod, znát použití.	
Výchovný cíl: Získat vztah k elektrotechnickým součástkám.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY
a)	Opakování, doplnění informací k předchozímu tematickému celku.
b)	Vyhodnocení testu – zodpovězení nejasností.
c)	Prostor pro zajímavosti a technické novinky.
II.	MOTIVACE
a)	Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe.
b)	Zapojit všechny studenty do diskuse.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA
a)	Druhy fotoodporů, diod, fotodiod – charakteristické vlastnosti.
b)	VA charakteristiky jednotlivých diod.
c)	Stabilizace napětí pomocí Zenerovy diody.
d)	Jednofázový jednopulzní jednocestný usměrňovač.
e)	Jednofázový jednocestný usměrňovač s vyhlazovacím kapacitorem na výstupní straně
f)	Jednofázový dvoupulzní jednocestný usměrňovač
g)	Jednofázový dvoupulzní dvoucestný usměrňovač (můstkový).
h)	Třífázový trojpulzní jednocestný usměrňovač.
i)	Trojfázový šestipulzní usměrňovač.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ
a)	Diody – usměrňovací, stabilizační, lavinové, tunelové, kapacitní, atd.
b)	VA charakteristiky, propustný a závěrný směr.
c)	Druhy usměrňovačů, průběhy napětí a proudu v závislosti na čase.
d)	Využití tzv. „vyhlazovacího“ kondenzátoru.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU
	Do příští hodiny si připravit otázky k probrané látce – řešení nejasností.
VI.	LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY.
a)	Učební text „Diody – VA charakteristiky“.
b)	Učební text „Usměrňovače“.

- c) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974.
- d) DUFEK, M., FAJT V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
- e) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988
- f) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
- g) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
- h) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
- i) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992
- j) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## 9. Měření VA charakteristik diod

### Písemná příprava

<b>Písemná příprava na cvičení č. 9</b>	
Školní rok:2013/14.	
Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.	
Předmět: Měření a diagnostika.	
Ročník:2.	
Vyučovací hodina: 17. - 18. (praktické).	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření nelineárních elektrických součástek.	
Téma vyučovací hodiny: Měření VA charakteristik diod.	
Druh vyučovací hodiny: cvičení.	
Didaktické pomůcky: dataprojektor, potenciometr, ampérmetr, voltmetr, diody.	
Vzdělávací cíl: Rozpoznat druhy diod, umět změřit VA charakteristiky.	
Výchovný cíl: Získat vztah k elektrotechnickým součástkám.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY
a)	Druhy diod – charakteristické vlastnosti.
b)	VA charakteristiky jednotlivých diod.
c)	Stabilizace napětí pomocí Zenerovy diody.
d)	Jednofázový jednopulzní jednocestný usměrňovač.
e)	Jednofázový jednocestný usměrňovač s vyhlazovacím kapacitorem na výstupní straně.
f)	Jednofázový dvoupulzní jednocestný usměrňovač.
g)	Jednofázový dvoupulzní dvoucestný usměrňovač (můstkový).
h)	Třífázový trojpulzní jednocestný usměrňovač.
i)	Trojfázový šestipulzní usměrňovač.
II.	MOTIVACE
a)	Zaujmout studenty řešením a měřením konkrétních situací vycházejících z praxe.
b)	Zapojit všechny studenty do diskuse.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA
a)	Druhy diod – praktické ukázky.
b)	Schéma zapojení pro měření VA charakteristik diod.
c)	Vysvětlení měření V-A charakteristiky diod v propustném a závěrném směru.
d)	Spočítání statického odporu R a dynamického odporu r.
e)	Graf závislosti (VA charakteristika) – tvorba.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ
a)	Diody – usměrňovací, stabilizační, lavinové, tunelové, kapacitní, atd.
b)	VA charakteristiky, propustný a závěrný směr
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU
	Vypracování seminární práce na téma „Měření V-A charakteristik diod“.
VI.	LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY.
a)	Učební text „Diody – VA charakteristiky“.

- b) DUFEK, M., FAJT, V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974
- c) DUFEK, M., FAJT, V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
- d) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
- e) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
- f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
- g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
- h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992.
- i) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## Zadání úlohy č. 9

### Název měření: Měření V-A charakteristik diod

Úkol měření:

- 1.1. Změřte V-A charakteristiku tří diod v propustném a závěrném směru
- 1.2. Z naměřených hodnot sestrojte grafy
- 1.3. Zvolte si v propustném směru pracovní bod a v něm spočítejte statický odpor  $R$  a dynamický odpor  $r$  (u Zenerovy diody i v závěrném směru)
- 1.4. Porovnejte vlastnosti diod.

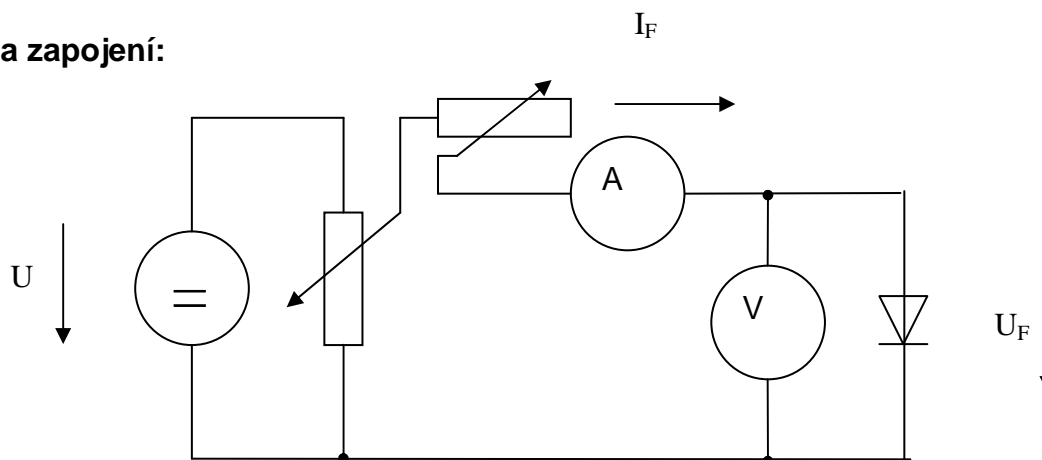
### Teoretický úvod:

Popište činnost diody, způsob měření

#### Popis metody měření:

Proč volíme určité zapojení a jakých chyb se dopouštíme.

### Schéma zapojení:



### Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů:

Pořadí	Název	Typ	Rozsah
1.	Zdroj		
2.	Potenciometr		
3.	Potenciometr		
4.	Ampérmetr		
5.	Voltmetr		
6.	Diody		

### Postup měření

### Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

### Příklad výpočtu

### Závěr

## **Související přípravy**

Viz. PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č. 6 (STR. 42, 43).



## 10. Měření na jednocestném a dvoucestném usměrňovači

### Písenná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA CVIČENÍ Č. 10</b>	
Školní rok:2013/14.	
Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.	
Předmět: Měření a diagnostika.	
Ročník:2.	
Vyučovací hodina: 19. - 20. (praktické).	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření nelineárních elektrických součástek.	
Téma vyučovací hodiny: Měření na jednocestném a dvoucestném usměrňovači.	
Druh vyučovací hodiny: cvičení.	
Didaktické pomůcky: dataprojektor, jednofázový jednocestný a dvojcestný usměrňovač, vyhlazovací kondenzátor, osciloskop.	
Vzdělávací cíl: Umět změřit časové průběhy napětí (bez usměrňovače a s usměrňovačem (jednocestným, dvojcestným a s použitím vyhlazovacího kondenzátoru.	
Výchovný cíl: Získat vztah k elektrotechnickým součástkám a přístrojům.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY
a)	Rozdělení usměrňovačů a základní schémata.
b)	Co je filtrační kondenzátor a proč se používá.
c)	Popište další úpravy usměrněného napětí.
II.	MOTIVACE
a)	Zaujmout studenty řešením a měřením konkrétních situací vycházejících z praxe.
b)	Zapojit všechny studenty do diskuse a měření.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA
a)	Schéma zapojení pro měření jednofázového jednocestného a dvojcestného usměrňovače se sběracím kondenzátorem a bez sběracího kondenzátoru.
b)	Využití osciloskopu k zobrazení časových průběhů napětí na vstupu a výstupu usměrňovače.
c)	Měření zatěžovací charakteristiky $U_0 = f_{ce}(I_0)$ pro různé hodnoty $R_z$ .
d)	Zjištění hodnot maximálních napětí na výstupu pro jednocestný a dvojcestný usměrňovač se sběracím (vyhlazovacím) kondenzátorem.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ.
a)	Porovnání časového průběhu napětí na vstupu a výstupu jednofázového jednocestného usměrňovače s odporovou zátěží bez a se sběracím kondenzátorem.
b)	Porovnání časového průběhu napětí na vstupu a výstupu jednofázového dvoucestného usměrňovače s odporovou zátěží bez a se sběracím kondenzátorem.
c)	Porovnání průběhů zatěžovacích charakteristik pro usměrňovač bez C a s C pro jednocestný a dvojcestný usměrňovač.
d)	Porovnání hodnot $U_{2max/1}$ cest s C, a $U_{2max/2}$ cest. s C pro jednocestný a dvojcestný usměrňovač.

- V. ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU.  
Vypracování seminární práce na téma „Měření na jednocestném a dvoucestném usměrňovači“.
- VI. LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY.
- a) Zadání úlohy měření „Měření na jednocestném a dvoucestném usměrňovači“.
  - b) DUFEK, M., FAJT, V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974.
  - c) DUFEK, M., FAJT, V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
  - d) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
  - e) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
  - f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
  - g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
  - h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992.
  - i) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

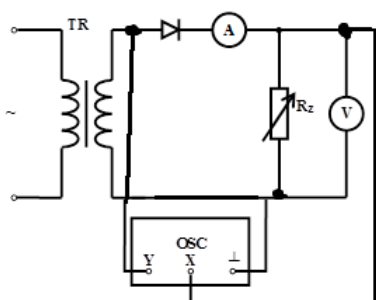
## Zadání úlohy č. 10

**Název měření:** Měření na jednocestném a dvoucestném usměrňovači.

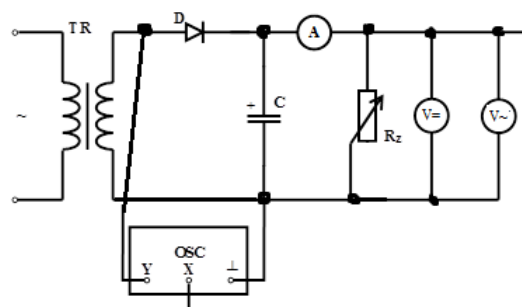
### Úkol měření

1. Změřte zatěžovací charakteristiku jednocestného usměrňovače s odporovou zátěží bez filtračního kondenzátoru a s jeho použitím. Pro usměrňovač s filtračním kondenzátorem změňte závislost činitele zvlnění na odebíraném proudu
2. Pro jednu hodnotu odporu zobrazte průběh výstupního napětí usměrňovače s filtračním kondenzátorem i bez něj.
3. Pro jednu hodnotu odporu zobrazte průběh výstupního napětí za dvoucestným usměrňovačem s filtračním kondenzátorem i bez něj.

### Popis úkolu:



Měření na usměrňovači bez filtračního kondenzátoru



Měření na usměrňovači s filtračním kondenzátorem

#### 1. Bez kondenzátoru:

Nejprve měříme bez zapojeného osciloskopu. Pak zapojíme osciloskop při jedné hodnotě odporu. Sledujeme průběhy, které vyfotíme nebo překreslíme z obrazovky.

#### 2. S kondenzátorem

Nejprve měříme bez zapojeného osciloskopu. Pak zapojíme osciloskop při jedné hodnotě odporu. Sledujeme průběhy, které vyfotíme nebo překreslíme z obrazovky.

### Tabulka naměřených a vypočtených hodnot

#### Bez kondenzátoru

Č. měř.	U[V]	I[mA]	Rz[Ω]
1.	Změříme		Vypočítat

Ukázka výpočtu: pro 1 řádek

#### S kondenzátorem

Č. měř.	U <sub>ss</sub> [V]	U <sub>~</sub> [V]	I[mA]	Rz[Ω]	φ <sub>zv</sub> [%]
1.	Změříme			Spočteme	

činitel zvlnění: činitel zvlnění:  $\varphi_{zv} = \frac{U_{zv}}{U_0} \cdot 100[\%]$   $U_{ss} \rightarrow U_0$  a  $U_{\sim} \rightarrow U_{zv}$

Rz – ohmův zákon

### Grafy

#### Bez kondenzátoru:

- $U=f(I)$
- Vložený průběh z osciloskopu pro 1 hodnotu odporu

#### S kondenzátorem

- $U_{ss}=f(I)$
- $\varphi_{zv}=f(I)$

## **Související přípravy**

Viz. PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č. 6 (STR. 42, 43).

## 11. Měření na stabilizátoru Zenerovou diodou

### Písenná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA CVIČENÍ Č. 11</b>	
Školní rok:2013/14.	
Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.	
Předmět: Měření a diagnostika.	
Ročník:2.	
Vyučovací hodina: 21. - 22. (praktické).	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření nelineárních elektrických součástek.	
Téma vyučovací hodiny: Měření na stabilizátoru Zenerovou diodou	
Druh vyučovací hodiny: cvičení.	
Didaktické pomůcky: dataprojektor, Zenerova dioda, odporová dekáda, voltmetry a ampérmetry, zátěž.	
Vzdělávací cíl: Znat využití stabilizačních účinků Zenerovy diody.	
Výchovný cíl: Získat vztah k elektrotechnickým součástkám a přístrojům	
I.	<p>OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Schéma zapojení pro měření jednofázového jednocestného a dvojcestného usměrňovače se sběracím kondenzátorem a bez sběracího kondenzátoru.</li> <li>Využití osciloskopu k zobrazení časových průběhů napětí na vstupu a výstupu usměrňovače.</li> <li>Zatěžovací charakteristiky <math>U_0 = fce(I_0)</math> pro různé hodnoty <math>R_z</math>.</li> </ol>
II.	<p>MOTIVACE</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Zaujmout studenty řešením a měřením konkrétních situací vycházejících z praxe.</li> <li>Zapojit všechny studenty do diskuse a měření.</li> </ol>
III.	<p>VÝKLAD NOVÉHO UČIVA</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Seznámení se se Zenerovou diodou, zjištění jejích parametrů.</li> <li>Schéma zapojení stabilizátoru, návrh hodnoty odporu vycházející z VA charakteristiky.</li> <li>Měření převodní charakteristiky <math>U_2=f(U_1)</math>.</li> <li>Určení pracovní oblasti v níž obvod stabilizuje (pro jaké rozmezí <math>U_1</math>), výpočet činitele napěťové stabilizace <math>S_U=(\Delta U_1/U_1)/(\Delta U_2/U_2)</math>.</li> <li>Určení pracovní oblasti v níž obvod stabilizuje (pro jaké rozmezí <math>I_2</math>), výpočet vnitřního odporu stabilizátoru <math>r_i=\Delta U_2/\Delta I_2</math>.</li> <li>Měření zatěžovací charakteristiky <math>U_2=f(I_2)</math> pro konstantní hodnotu vstupního napětí a několik hodnot <math>R_z</math>. (dokud nedoje ke znatelnému poklesu <math>U_2</math>).</li> </ol>
IV.	<p>SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Využití závěrného směru Zenerovy diody.</li> <li>Zapojení stabilizátoru, změření převodní charakteristiky.</li> <li>Určení pracovní oblasti, ve které obvod stabilizuje.</li> <li>Určení činitele napěťové stabilizace <math>S_U</math>.</li> <li>Určení vnitřního odporu stabilizátoru <math>r_i</math>.</li> </ol>

- V. ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU  
Vypracování seminární práce na téma „Měření na stabilizátoru Zenerovou diodou“.
- VI. LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY.
- a) Zadání úlohy měření „Měření na stabilizátoru Zenerovou diodou“.
  - b) DUFEK, M., FAJT, V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974.
  - c) DUFEK, M., FAJT, V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
  - d) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
  - e) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
  - f) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
  - g) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
  - h) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992.
  - i) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## Zadání úlohy č. 11

Název měření: Měření na stabilizátoru Zenerovou diodou

### Úkol:

- 1.1. Z katalogu zjistíte parametry Zenerovy diody (ZD).
- 1.2. Navrhněte hodnotu odporu pro stabilizátor se ZD dle naměřené V-A charakteristiky v měření č.8. <sup>1</sup>
- 1.3. Zapojte stabilizátor
  - 1.3.1. Změřte převodní charakteristiku  $U_2=f(U_1)$  pro  $U_1= 0$  až  $2U_Z$  při  $I_2= 0$ . Vyneste do grafu.
  - 1.3.2. Určete pracovní oblast, v níž obvod stabilizuje (pro jaké rozmezí  $U_1$ ). V pracovní oblasti určete činitel napěťové stabilizace  $S_U=(\Delta U_1/U_1)/ (\Delta U_2/U_2)$ .
- 1.4. Zapojte na výstup proměnný zatěžovací odpor  $R_Z$ 
  - 1.4.1. Změřte zatěžovací charakteristiku  $U_2=f(I_2)$  pro konstantní hodnotu vstupního napětí a několik hodnot  $R_Z$ . (dokud nedoje ke zdatelnému poklesu  $U_2$ ). Vyneste do grafu.
  - 1.4.2. Určete pracovní oblast, v níž obvod stabilizuje (pro jaké rozmezí  $I_2$ ). V pracovní oblasti určete vnitřní odpor stabilizátoru  $r_i=\Delta U_2/\Delta I_2$ .

### Teoretický úvod:

**Popis metody měření:** zapojení volíme dle předpokládaných stavů – měření převodní charakteristiky nebo měření zatěžovací charakteristiky.

### Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů:

### Postup měření:

### Schéma zapojení:

### Vypočítané hodnoty:

### Závěr (k bodům):

Jaká je pracovní oblast převodní charakteristiky, v níž obvod stabilizuje (pro jaké rozmezí  $U_1$ )? Jaký je činitel  $S_U$ ?

Jaká je pracovní oblast zatěžovací charakteristiky, v níž obvod stabilizuje (pro jaké rozmezí  $I_2$ )? Jaký je vnitřní odpor stabilizátoru  $r_i$ ?

---

<sup>1</sup> Pracovní bod volíme pro poloviční proud  $0,5 I_{zmax}$ , odpor volíme stejně veliký jako je statický odpor v pracovním bodě.

## **Související přípravy**

Viz. PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č. 6 (STR. 42, 43).



## 12. Měření na transformátoru

### Písenná příprava

<b>Písenná příprava na cvičení č. 12</b>	
Školní rok:2013/14.	
Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.	
Předmět: Měření a diagnostika.	
Ročník:2.	
Vyučovací hodina: 23. - 24. (praktické).	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření na transformátoru a magnetizačních veličin	
Téma vyučovací hodiny: Měření na transformátoru.	
Druh vyučovací hodiny: cvičení.	
Didaktické pomůcky: dataprojektor, transformátor, ampérmetry, voltmetry, wattmetry, ohmmetr.	
Vzdělávací cíl: Umět charakteristické vlastnosti a parametry transformátoru.	
Výchovný cíl: Získat vztah k elektrotechnice.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY.
a)	Základní veličiny magnetického pole – intenzita mag. pole, mag. indukce, mag. tok, indukované napětí, atd.
b)	Základní vlastnosti transformátoru – převod transformátoru, konstrukce
c)	Druhy druhy transformátorů.
d)	Náhradní schéma transformátoru, fázorový diagram
II.	MOTIVACE
a)	Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe.
b)	Zapojit všechny studenty do diskuse a měření zadané úlohy.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA
a)	Popis transformátoru, měření základních parametrů (rozměry jádra, odpory vinutí, počet závitů cívek).
b)	Výpočet průřezu jádra transformátoru, jmenovitého výkonu a proudu.
c)	Převod transformátoru p.
d)	Schéma zapojení transformátoru bez zatížení – měření $P_0$ , $I_0$ , $U_0$ .
e)	Výpočet ztrát v mědi, v železe a fázového posunu $\varphi_0$ .
f)	Schéma zapojení transformátoru nakrátko – měření $P_K$ , $I_K$ , $U_K$ .
g)	Určení velikosti fázového posunu $\varphi_K$ .
h)	Kreslení fázorového diagramu pro transformátor naprázdno a nakrátko.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ
a)	Základní parametry transformátoru.
b)	Náhradní schéma transformátoru naprázdno a nakrátko.
c)	Určení ztrát transformátoru.
d)	Fázorový diagram transformátoru naprázdno a nakrátko.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU
	Vypracování práce na téma „Měření na transformátoru“.

- VI. LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY
- a) Zadání úlohy měření „Měření na transformátoru“.
  - b) Informace získané při hodinách Elektrotechniky.
  - c) DUFEK, M., FAJT, V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974.
  - d) DUFEK, M., FAJT, V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974.
  - e) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
  - f) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
  - g) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
  - h) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
  - i) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992.
  - j) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## Zadání úlohy č. 12

### Název měření: Měření na transformátoru

#### Úkol:

- 1.1. Změřte základní parametry
  - rozměry jádra a, b
  - odpory vinutí R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>
- 1.2. Změřte transformátor naprázdno, vynesete do grafu magnetizační charakteristiku, určete přibližný převod  $p_1=U_1/U_2$ ,  $p_2=U_1/U_3$  a ztráty naprázdno
- 1.3 Změřte transformátor nakrátko a určete ztráty nakrátko
- 1.4. Změřte zatěžovací charakteristiku a vynesete ji do grafu, ve zvoleném pracovním bodě určete vnitřní odpor transformátoru  $r_2$ , určete účinnost  $\eta$
- 1.5. Nakreslete fázorové diagramy pro stavy dle 1.2 a 1.3.

#### Teoretický úvod:

**Popis metody měření:** zapojení volíme dle předpokládaných stavů – měření naprázdno má být měření velké impedance, měření nakrátko má být měření malé impedance.

#### Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů:

#### Schéma zapojení:

#### Postup měření:

- 1.1. Změříme rozměry jádra a ohmmetrem odpory vinutí .
- 1.2. Vypočteme:
  - průřez jádra transformátoru  $S_{FE} = k_p \cdot a \cdot b$ , (cm<sup>2</sup>) kde  $k_p = 0,7 - 0,9$  je činitel plnění. Volíme  $k_p = 0,8$
  - jmenovitý výkon  $S_{1N} = S_{FE}^2 / 1,44$  (VA, cm<sup>2</sup>, -)
  - jmenovitý proud  $I_{1N} = S_{1N} / U_{1N}$ , kde  $U_{1N} = 220V$  je jmenovité napětí

#### Naměříme a vypočteme:

U <sub>10</sub> (V)	I <sub>10</sub> (A)	P <sub>10</sub> (W)	U <sub>20</sub> (V)	U <sub>30</sub> (V)	cos φ <sub>0</sub>	P <sub>cu</sub> (W)	P <sub>FE</sub> (W)	P <sub>Q</sub> (var)
U <sub>1N</sub>								
...								
0								

#### Vypočteme:

- převody  $p_1$  a  $p_2$
- $\cos \varphi_0 = P_{10} / (U_{10} \cdot I_{10})$
- ztráty v mědi  $P_{CU} = R_1 \cdot I_1^2$
- ztráty v železe  $P_{FE} = P_{10} - P_{CU}$
- ztráty jalové  $P_Q = U_{10} \cdot I_{10} \cdot \sin \varphi_0$

Nakreslíme zjednodušený fázorový diagram (se zanedbáním ztrát v mědi a ztrát rozptylovou indukčností), graficky zjistíme a vyčíslíme hodnoty proudů  $I_{FE}$  a  $I_M$ .

Nakreslíme magnetizační charakteristiku.

1.3.

**Naměříme** a vypočteme pro hodnotu jmenovitého proudu  $I_{1n}$  (viz 1.1.):

$U_{1K}$ (V)	$P_{1K}$ (W)	$\cos \varphi_k$	$P_Q$ (var)

**Vypočteme:**

-  $\cos \varphi_k = P_{1K} / (U_{1K} * I_{1N})$

-  $P_Q = U_{1K} * I_{1N} * \sin \varphi_k$

Nakreslíme fázorový diagram, graficky zjistíme a vyčíslíme hodnoty napětí  $U_R$  a  $U_L$

1.4.

Pro konstantní  $U_1$  (V) =  $U_{1N}$  budeme měnit zatěžovací odpor  $R_Z$ , (tak aby proud  $I_{1N}$  se měnil od hodnoty  $I_{1N}$  dolů), **naměříme** alespoň pět hodnot a vypočteme:

$I_1$ (A)	$P_1$ (W)	$U_2$ (V)	$I_2$ (A)	$P_2$ (W)	$\eta$ (%)
$I_{1n}$					
....					

**Vypočteme:**

-  $\eta = U_2 * I_2 * 100 / (U_1 * I_1)$

Nakreslíme zatěžovací charakteristiku  $U_2 = f(I_2)$  a ve zvoleném pracovním bodě P ( $U_{1N}$ ,  $I_{1N}/2$ ) zjistíme graficky pomocí tečny vnitřní odpor  $r_2$  transformátoru.

**Závěr:**

Chová se transformátor jako velká impedance? Jaké jsou velikosti ztrát a fázového posunu  $\varphi$  ?

Chová se transformátor jako malá impedance? Jaké jsou velikosti ztrát a fázového posunu  $\varphi$  ?

Jaká je účinnost, vnitřní odpor transformátoru?

## Související přípravy

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č. 7</b>	
Školní rok: 2013/14.	
Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.	
Předmět: Měření a diagnostika.	
Ročník: 2.	
Vyučovací hodina: 13. – 14. (výkladové).	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření na transformátoru a magnetizačních veličin.	
Téma vyučovací hodiny: Teoretický rozbor vlastností transformátoru, magnetické veličiny.	
Druh vyučovací hodiny: výkladové.	
Didaktické pomůcky: dataprojektor.	
Vzdělávací cíl: Umět charakteristické vlastnosti a parametry transformátoru, znát magnetické veličiny a magnetizační charakteristiku.	
Výchovný cíl: Získat vztah k elektrotechnice.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY
a)	Opakování, doplnění informací k předchozímu tematickému celku.
b)	Vyhodnocení testu – zodpovězení nejasností.
c)	Prostor pro zajímavosti a technické novinky.
II.	MOTIVACE
a)	Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe.
b)	Zapojit všechny studenty do diskuse.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA
a)	Transformátor – charakteristické vlastnosti.
b)	Transformátor naprázdno (nezatížený) – náhradní schéma zapojení, fázorový diagram.
c)	Transformátor při zatížení – náhradní schéma zapojení, fázorový diagram.
d)	Transformátor krátce – náhradní schéma zapojení, fázorový diagram.
e)	Trojfázový transformátor, zapojení vinutí do hvězdy, trojúhelníka a lomené hvězdy, pojem hodinový úhel.
f)	Autotransformátor.
g)	Magnetizační charakteristika, hystereze.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ.
a)	Základní veličiny magnetického pole – intenzita mag. pole, mag. indukce, mag. tok, indukované napětí, atd.
b)	Základní vlastnosti transformátoru – převod transformátoru, konstrukce.
c)	Druhy druhů transformátorů.
d)	Náhradní schéma transformátoru, fázorový diagram.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU
	Do příští hodiny si připravit otázky k probrané látce – řešení nejasností.
VI.	LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY.
a)	Učební text „Transformátory“.
b)	Informace získané při hodinách Elektrotechniky.

- c) DUFEK, M., FAJT, V. *Elektrická měření I*. Brno: VUT, 1974
- d) DUFEK, M., FAJT, V. *Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje*. Praha: SNTL, 1974
- e) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988
- f) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
- g) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
- h) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
- i) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992
- j) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.

## 13. Měření magnetických veličin

### Písemná příprava

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA CVIČENÍ Č. 13</b>	
Školní rok: 2013/14.	
Obor: Elektrotechnika – Mechatronika.	
Předmět: Měření a diagnostika.	
Ročník: 2.	
Vyučovací hodina: 25. - 26. (praktické).	
Zpracoval: ing. Milan Nechanický Ph.D.	
Název tematického celku: Měření na transformátoru a magnetizačních veličin.	
Téma vyučovací hodiny: Měření magnetických veličin.	
Druh vyučovací hodiny: cvičení.	
Didaktické pomůcky: dataprojektor, transformátor, ampérmetry, voltmetry, wattmetry, osciloskop.	
Vzdělávací cíl: Znat magnetické veličiny a magnetizační charakteristiku.	
Výchovný cíl: Získat vztah k elektrotechnice.	
I.	OPAKOVACÍ OTÁZKY Z PŘEDCHÁZEJÍCÍ VYUČOVACÍ HODINY
a)	Základní parametry transformátoru.
b)	Náhradní schéma transformátoru.
c)	Fázorový diagram transformátoru.
d)	Zatěžovací charakteristika $U_2 = f(I_2)$ .
II.	MOTIVACE
a)	Vzbudit zájem studentů o probíranou látku zkušenostmi z praxe.
b)	Zapojit všechny studenty do diskuse a měření zadané úlohy.
III.	VÝKLAD NOVÉHO UČIVA
a)	Měření magnetizační charakteristiky železného jádra $B_{\max} = f(H_{\max})$ v obvodu střídavého proudu.
b)	Měření hysterezní smyčky železného jádra $B = f(H)$ pro hodnoty $B_{\max}$ .
c)	Určení remanence $B_r$ a koercitivity $H_k$ – znázornění v hysterezi smyčce.
d)	Určení, zda jde o magneticky tvrdý nebo magneticky měkký materiál.
IV.	SHRNUTÍ UČIVA A PROCVIČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ
a)	Magnetizační charakteristika železného jádra v obvodu střídavého proudu.
b)	Časový průběh magnetizačního proudu.
c)	Změření hysterezní smyčky železného jádra.
d)	Určení remanence $B_r$ a koercitivity $H_k$ a vynesení jejich závislosti na do grafu.
V.	ZADÁNÍ DOMÁCÍHO ÚKOLU
	Vypracování práce na téma „Měření magnetických veličin“.
VI.	LITERATURA, ODKAZY A STUDIJNÍ A PROGRAMOVÉ POMŮCKY
a)	Zadání úlohy měření „Měření magnetických veličin“.
b)	Informace získané při hodinách Elektrotechniky.
c)	DUFEK, M., FAJT, V. <i>Elektrická měření I</i> . Brno: VUT, 1974.
d)	DUFEK, M., FAJT, V. <i>Elektrická měření I, Elektrické měřicí přístroje</i> . Praha:

- SNTL, 1974.
- e) KLOS, Z. *Elektrická měření*. Brno: VUT, 1988.
  - f) DRECHSLER, R. A KOL. *Elektrická měření II. – Základní metody*. Praha: SNTL, 1973.
  - g) KREJČÍ, V., KÁBELE, J. *Elektrotechnické měřicí přístroje a měření*. Praha: SNTL, 1974.
  - h) KLESKEŇ, B. *Elektrotechnická měření - Měření v elektronice*. Praha: SNTL, 1976.
  - i) GESCHEITOVÁ, E. A KOL. - *Měření v elektrotechnice*. Praha: VUT, 1992.
  - j) KOLEKTIV AUTORŮ: *Elektrotechnická měření*. Brno: Nakladatelství Ben, 2002.



## Zadání úlohy č. 13

**Název měření: Měření magnetických veličin**

**Úkol:**

1.1. Změřte magnetizační charakteristiku železného jádra  $B_{\max}=f(H_{\max})$  v obvodu střídavého proudu pro 10 hodnot. Vyneste do grafu. Zakreslete časový průběh magnetizačního proudu zobrazený osciloskopem.

1.2. Změřte hysterezní smyčku železného jádra  $B=f(H)$  pro tři hodnoty  $B_{\max}$ . Obkreslete přibližně z obrazovky.

1.3. Určete remanenci  $B_r$  a koercitivitu  $H_k$  a vyneste do grafu jejich závislost na  $B_{\max}$ .

**Teoretický úvod:**

**ad 1.1.**

Odečteme ze štítku  $N_1$  a  $N_2$ , zjistíme  $I_s$  a  $S_{Fe}=k_p S$  ( $k_p=0,8$ )

$$H_{\max}=N_1 U_{\text{šš}}/(2R I_s)$$

$U_2=4,44f S_{Fe} N_2 B_{\max}$ , zvolíme  $B_{\max}$  a vypočítáme odpovídající hodnoty  $U_2$

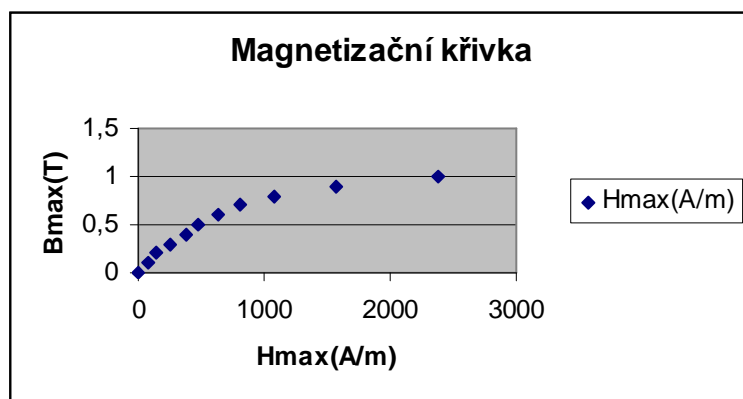
Nastavujeme proud  $I_1$ , takový, aby bylo na  $N_2$  vypočtené napětí  $U_2$

**Například:**

Volíme      Vypočteme      Odečteme z osciloskopu      Vypočteme

$B_{\max}(\text{T})$	$U_2(\text{V})$	$U_{\text{šš}}(\text{V})$	$H_{\max}(\text{A/m})$
0	0	0	0
0,1	16,41024	0,08	76,19048
..	..	..	..
1	164,1024	2,5	2380,952

Zakreslíme do grafu:



Zakreslíme časový průběh magnetizačního proudu zobrazený osciloskopem (zdeformovaná sinusovka).

**ad 1.2.**

Měříme hysterezní smyčku železného jádra  $B=f(H)$  pro tři hodnoty  $B_{\max}$ .

Na  $N_2$  připojíme integrační článek RC, abychom zintegrovali výstupní napětí, neboť indukce je úměrná jeho integrálu. Maximální hodnota indukce

$$B_{\max}=RC\sqrt{2}U_{\text{výst}}/(S_{Fe}N_2).$$

$$T_{rc}=RC$$

$$T_{rc}=(20 \text{ až } 100)\text{T}, \text{ kde } T=1/f=0,02 \text{ s}$$

Např.

T(s)	C(F)	$R_{\min}(\text{ohm})$	$R_{\max}(\text{ohm})$
------	------	------------------------	------------------------

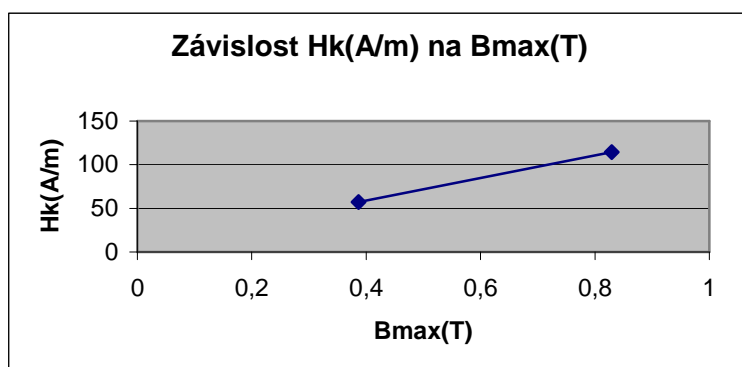
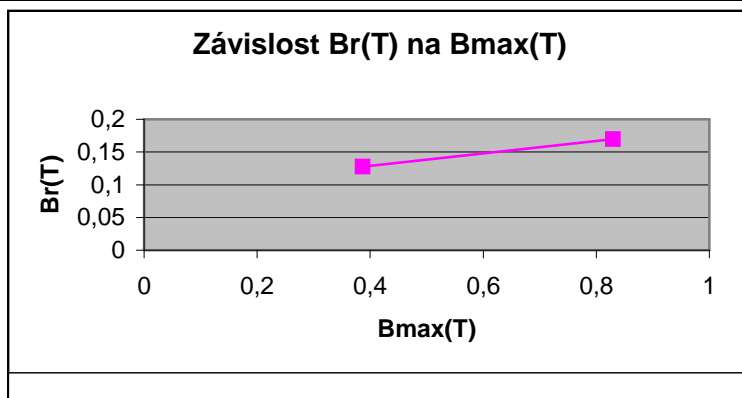
0,02	0,000016	25000	125000
------	----------	-------	--------

Na kondenzátor RC článku připojíme druhý kanál osciloskopu, vypneme časovou základnu a změříme hysterezní smyčku (případně prohodíme vývody, aby se zobrazovala správně v I. a III. kvadrantu). Obkreslíme smyčku do sešitu pro tři hodnoty  $B_{max}$  (tabulku viz 12.3.)

**ad 1.3.** Zjistíme napěťové konstanty  $K_1$ ,  $K_2$  kanálů, odečteme v dílkách hodnoty úseků odpovídající  $H_{max}$ ,  $H_k$ ,  $B_{max}$ ,  $B_r$ , (pro všechny tři hodnoty  $B_{max}$ ), přepočteme je na napětí a potom na  $H_{max}$ ,  $H_k$ ,  $B_{max}$ ,  $B_r$ . Vyneseme do grafu.

Příklad tabulky:

$U_{výst}(V)$	$U_2(V)$	$B_{max}(T)$	$U_r(V)$	$B_r(T)$	$H_{max}(A/m)$	$U_k(V)$	$H_k(A/m)$
0,91	80	0,386498138	0,3	0,127417	365,7143	0,03	57,14286
1,953	160	0,829484466	0,4	0,169889	2095,238	0,06	114,2857



**Popis metody měření:** zapojení volíme dle předpokládaných stavů – měření magnetizační charakteristiky nebo měření hysterezní smyčky.

**Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů:**

**Postup měření:**

**Schéma zapojení:**

**Vypočítané hodnoty:**

**Závěr:**

Jaká je  $B_{max}$ ?

Feromagnetický materiál je magneticky tvrdý, nebo je magneticky měkký?

Jaký je součin  $B_{max}H_{max}$ ? Jak závisí  $H_k$  a  $B_r$  na  $B_{max}$ ?

## **Související přípravy**

Viz. PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA NA VYUČOVACÍ HODINY Č. 7 (STR. 60, 61).