

# Milan Nechanický



## Sbírka úloh z MDG



Vytvořeno v rámci Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost  
CZ.1.07/1.1.30/01,0038 Automatizace výrobních procesů ve strojírenství  
a řemeslech



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Střední průmyslová škola strojnická a  
Střední odborná škola prof. Švejcara,  
Plzeň

# Sbírka úloh z MDG

Milan Nechanický



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## **Anotace**

Tato učebnice obsahuje řešené úlohy z předmětu Měření a diagnostika pro 2. ročník v rozsahu požadavků na znalosti studentů středních průmyslových škol v oboru Elektrotechnika - Mechatronika.

Jde o vzorový soubor řešených úloh, který bude využit při měření a zpracovávání těchto praktických úkolů studentů 2. ročníku.

Tento soubor řešených úloh kopíruje teoretické znalosti získané v předmětech: Základy elektrotechniky 1. ročníku, Základy elektrotechniky 2. ročníku, Elektronika 2. ročníku oboru Elektrotechnika – Mechatronika na Střední průmyslové škole strojnické a Střední odborné škole prof. Švejcara, Plzeň.

# Obsah

<b>ANOTACE</b>	<b>3</b>
<b>1. ÚLOHA Č.1: OVĚŘENÍ VOLTMETRU</b>	<b>10</b>
1.1 Teoretický úvod	10
1.2 Popis metody měření	10
1.3 Schéma zapojení	10
1.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů	10
1.5 Postup měření	11
1.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot	11
1.6.1 Pro měřený rozsah $M=6V$	11
1.6.2 Pro měřený rozsah $M=12V$	11
1.7 Příklad výpočtu	12
1.7.1 Příklad výpočtu pro $M=6V$	12
1.7.2 Příklad výpočtu pro $M=12V$	12
1.8 Grafické znázornění – korekční křivky	12
1.8.1 Korekční křivka pro $M=6V$	12
1.8.2 Korekční křivka pro $M=12V$	13
1.9 Závěr	13
<b>2. ÚLOHA Č.2: ZMĚNA ROZSAHU AMPÉRMETRU A OVĚŘENÍ AMPÉRMETRU PRO NOVÝ ROZSAH</b>	<b>14</b>
2.1 Teoretický úvod	14
2.2 Popis metody měření	14
2.3 Schéma zapojení	14
2.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů	15
2.5 Postup měření	15
2.6 Tabulka naměřených a vypočtených hodnot	15
2.7 Příklad výpočtu	15
2.8 Grafické znázornění – korekční křivka	16
2.9 Závěr	16

<b>3. ÚLOHA Č.3: ZMĚŘTE HODNOTU NEZNÁMÉHO REZISTORU OHMOVOU METODOU A MŮSTKOVOU METODOU</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Teoretický úvod</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Popis metody měření</b>	<b>17</b>
3.2.1 Ohmova metoda pro malé odpory	17
3.2.2 Ohmova metoda pro velké odpory	17
<b>3.3 Schémata zapojení</b>	<b>18</b>
<b>3.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů</b>	<b>18</b>
<b>3.5 Postup měření</b>	<b>19</b>
<b>3.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot</b>	<b>19</b>
3.6.1 Ohmova metoda	19
3.7.2 Můstková metoda	19
<b>3.7 Příklad výpočtu</b>	<b>19</b>
3.7.1 Ohmova metoda	19
3.7.2 Můstková metoda	19
<b>3.8 Závěr</b>	<b>19</b>
<b>4. ÚLOHA Č. 4: MĚŘENÍ KAPACITY POMOCÍ A-METRU, V-METRU A MŮSTKU.</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Teoretický úvod</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Popis metody měření</b>	<b>20</b>
<b>4.3 Schéma zapojení</b>	<b>20</b>
<b>4.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů</b>	<b>21</b>
<b>4.5 Postup měření</b>	<b>21</b>
<b>4.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot</b>	<b>21</b>
4.6.1 Tabulka naměřených a vypočtených hodnot tří kondenzátorů	21
4.6.2 Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro kmitočtovou závislost reaktance $X_c$ kondenzátoru 68 nF	21
<b>4.7 Příklad výpočtu</b>	<b>22</b>
<b>4.8 Grafické znázornění</b>	<b>22</b>
<b>4.9 Závěr</b>	<b>22</b>
<b>5. ÚLOHA Č. 5: MĚŘENÍ IMPEDANCE CÍVKY POMOCÍ A-METRU, V-METRU A W-METRU</b>	<b>23</b>

<b>5.1 Teoretický úvod:</b>	<b>23</b>
<b>5.2 Popis metody měření:</b>	<b>23</b>
<b>5.3 Schéma zapojení</b>	<b>23</b>
<b>5.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů:</b>	<b>24</b>
<b>5.5 Postup měření:</b>	<b>24</b>
<b>5.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot</b>	<b>24</b>
5.6.1 Pro cívku bez jádra (vzduchovou)	24
5.6.2 Pro cívku se železným jádrem jádra	24
<b>5.7 Příklad výpočtu</b>	<b>24</b>
<b>5.8 Grafické znázornění</b>	<b>25</b>
5.8.1 Fázorové diagramy	25
5.8.2 Grafy závislostí indukčnosti na napětí (pro první řádek tabulek)	26
<b>5.9 Závěr</b>	<b>26</b>
<b>6. ÚLOHA Č. 6: MĚŘENÍ VÝKONU CÍVKY POMOCÍ A-METRU, V-METRU A W-METRU</b>	<b>27</b>
<b>6.1 Teoretický úvod</b>	<b>27</b>
<b>6.2 Popis metody měření</b>	<b>27</b>
<b>6.3 Schéma zapojení</b>	<b>27</b>
<b>6.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů</b>	<b>28</b>
<b>6.5 Postup měření</b>	<b>28</b>
<b>6.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot</b>	<b>28</b>
6.6.1 Se zdrojem stejnosměrného proudu	28
6.6.2 Se zdrojem střídavého proudu	28
<b>6.7 Příklady výpočtů</b>	<b>29</b>
6.7.1 Se zdrojem stejnosměrného proudu	29
6.7.2 Se zdrojem střídavého proudu	29
<b>6.8 Grafické znázornění</b>	<b>30</b>
<b>6.9 Závěr</b>	<b>30</b>
<b>7. ÚLOHA Č. 7: MĚŘENÍ V-A CHARAKTERISTIKY REZISTORU A FOTOREZISTORU</b>	<b>31</b>
<b>7.1 Teoretický úvod</b>	<b>31</b>

<b>7.2 Popis metody měření</b>	<b>31</b>
<b>7.3 Schéma zapojení</b>	<b>31</b>
<b>7.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů</b>	<b>31</b>
<b>7.5 Postup měření</b>	<b>32</b>
<b>7.6 Tabulky naměřených hodnot</b>	<b>32</b>
7.6.1 Hodnoty pro rezistory	32
7.6.2 Hodnoty pro fotorezistor	32
7.6.3 Hodnoty odporu fotorezistoru v závislosti na osvětlení	32
<b>7.7 Grafické znázornění</b>	<b>33</b>
7.7.1 VA charakteristiky pro rezistory	33
7.7.2 VA charakteristiky pro fotorezistor	33
7.7.3 Závislost odporu fotorezistoru na osvětlení	34
<b>7.8 Závěr</b>	<b>34</b>
<b>8. ÚLOHA Č.8: MĚŘENÍ V-A CHARAKTERISTIKY DIODY</b>	<b>35</b>
<b>8.1 Teoretický úvod</b>	<b>35</b>
<b>8.2 Popis metody měření</b>	<b>35</b>
<b>8.3 Schéma zapojení</b>	<b>35</b>
<b>8.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů</b>	<b>35</b>
<b>8.5 Postup měření</b>	<b>36</b>
<b>8.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot</b>	<b>36</b>
8.6.1 Klasická dioda	36
8.6.2 Zenerova dioda	36
8.6.3 LED dioda	36
<b>8.7 Příklad výpočtu</b>	<b>37</b>
8.7.1 Klasická dioda	37
8.7.2 Zenerova dioda	37
8.7.3 LED dioda	37
<b>8.8 Grafické znázornění</b>	<b>38</b>
8.8.1 Klasická dioda	38
8.8.2 Zenerova dioda	38
8.8.3 LED dioda	39
<b>8.9 Závěr</b>	<b>39</b>
<b>9. ÚLOHA Č. 9: MĚŘENÍ USMĚRŇOVAČE</b>	<b>40</b>
<b>9.1 Teoretický úvod</b>	<b>40</b>

<b>9.2 Popis metody měření</b>	<b>40</b>
<b>9.3 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů</b>	<b>40</b>
<b>9.4 Postup měření</b>	<b>40</b>
<b>9.5 Schéma zapojení</b>	<b>40</b>
9.5.1 Jednocestný usměřňovač	40
9.5.2 Dvoucestný usměřňovač	41
<b>9.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot</b>	<b>41</b>
9.6.1 Naměřené hodnoty pro jednocestný usměřňovač s odporovou zátěží bez $C_0$	41
9.6.2 Naměřené hodnoty pro jednocestný usměřňovač s odporovou zátěží s $C_0$	41
<b>9.7 Grafické znázornění</b>	<b>42</b>
9.7.1 Graf pro jednocestný usměřňovač s odporovou zátěží bez $C_0$	42
9.7.2 Graf pro jednocestný usměřňovač s odporovou zátěží s $C_0$	42
9.7.3 Časový průběh napětí před a po usměrnění jednocestným usměřňovačem bez vyhlazovacího kondenzátoru	43
9.7.4 Časový průběh napětí po usměrnění jednocestným usměřňovačem s vyhlazovacím kondenzátorem $C_1=0,5\mu\text{F}$	43
9.7.5 Časový průběh napětí po usměrnění jednocestným usměřňovačem s vyhlazovacím kondenzátorem $C_2=1\mu\text{F}$	44
9.7.6 Časový průběh napětí po usměrnění jednocestným usměřňovačem s vyhlazovacím kondenzátorem $C_3=2\mu\text{F}$	44
9.7.7 Časový průběh po usměrnění Grätzovým můstkem	45
<b>9.8 Závěr</b>	<b>45</b>
<b>10. ÚLOHA Č. 10: MĚŘENÍ NA STABILIZÁTORU SE ZENEROVOU DIODOU</b>	<b>46</b>
<b>10.1 Teoretický úvod</b>	<b>46</b>
<b>10.2 Popis metody měření</b>	<b>46</b>
<b>10.3 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů</b>	<b>46</b>
<b>10.4 Schémata zapojení</b>	<b>47</b>
10.4.1 Schéma zapojení stabilizátoru bez zatížení	47
10.4.2 Schéma zapojení stabilizátoru bez zatížení	47
<b>10.5 Postup měření</b>	<b>47</b>
<b>10.6 Tabulky naměřených hodnot</b>	<b>48</b>
10.6.1 Základní katalogové parametry	48
10.6.2 Hodnoty pro převodní charakteristiku	48
10.6.3 Hodnoty pro zatěžovací charakteristiku	48
<b>10.7 Výpočet parametrů stabilizátoru</b>	<b>48</b>
<b>10.8 Grafické znázornění</b>	<b>49</b>
10.8.1 Převodní charakteristika	49



10.8.2 Zatěžovací charakteristika	49
<b>10.9 Závěr</b>	<b>49</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b>	<b>50</b>

# 1. Úloha č.1: Ověření voltmetru

Úkol měření:

1. Ověřte voltmetr na dvou rozsazích pro šest hodnot při plynulém zvětšování napětí a pro šest hodnot při plynulém snižování napětí.
2. Z naměřených hodnot vypočtete opravy a nakreslete opravné křivky pro zvětšování i snižování napětí.
3. Zjistěte největší opravu – korekci a z ní vypočtete relativní – procentní chybu přístroje.
4. Určete třídu přesnosti přístroje jako nejbližší vyšší číslo ze stanovené řady.

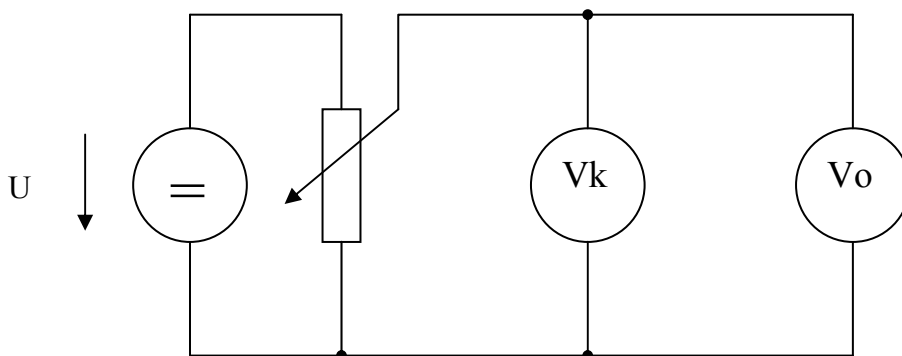
## 1.1 Teoretický úvod

Při ověřování (kontrolě, cejchování) měřicího přístroje zjišťujeme, zda přístroj vyhovuje dané třídě přesnosti.

## 1.2 Popis metody měření

Pro zjištění skutečné (přesnější) hodnoty používáme kontrolní přístroj minimálně o dvě třídy přesnosti lepší. Oba přístroje – ověřovaný  $V_o$  i kontrolní  $V_k$  zapojíme paralelně. Při měření se snažíme, aby výchylka kontrolního přístroje byla stále ve druhé polovině stupnice.

## 1.3 Schéma zapojení



## 1.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů

Pořadí	Název	Typ	Rozsah
1.	Zdroj	PZN-336VA	0V-42V
2.	Potenciometr	Metra Blansko	1200 $\Omega$ .
3.	Voltmetr kontrolní	M3900	0V - 1000V
4.	Voltmetr ověřovaný	Metra Blansko	0V - 600V

## 1.5 Postup měření

Chyby jsme zjišťovali v šesti hlavních bodech stupnice a to u nezahřátého přístroje při plynulém zvětšování měřené veličiny a pak po zahřátí přístroje jeho vlastní spotřebou (při plné výchylce) po dobu 30 min při plynulém zmenšování měřené veličiny.

Nastavujeme celistvé hodnoty dílků  $U_o$  na ověřovaném voltmetru a odečítáme odpovídající hodnoty  $U_{kn}$  (nahoru)  $U_{kd}$  (dolů) na kontrolním voltmetru.

Pro každý řádek tabulky spočítáme:

absolutní chyby  $\Delta_n = U_o - U_{kn}$  a  $\Delta_d = U_o - U_{kd}$ ,

střední absolutní chybu  $\Delta_{stř} = \frac{\Delta_d + \Delta_n}{2}$ ,

opravu  $o = -\Delta_{stř}$ .

Zjistíme největší opravu  $o_{max}$  a spočítáme základní maximální procentní (relativní chybu)

$$\delta_{Zmax} = \frac{o_{max} \cdot 100}{M}.$$

Zjistíme třídu přesnosti přístroje na daném rozsahu  $M$ ,  $TP \geq \delta_{Zmax}$ .

## 1.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

### 1.6.1 Pro měřený rozsah $M=6V$

č. měření	$U_o$ (V)	$U_{kn}$ (V)	$\Delta_n$ (V)	$U_{kd}$ (V)	$\Delta_d$ (V)	$\Delta_{stř}$ (V)	$o$ (V)
1.	1	1,13	-0,13	1,03	-0,03	-0,08	0,08
2.	2	2,2	-0,20	2,04	-0,04	-0,12	0,12
3.	3	3,22	-0,22	3,01	-0,01	-0,115	0,115
4.	4	4,24	-0,24	4,03	-0,03	-0,135	0,135
5.	5	5,25	-0,25	5,03	-0,03	-0,14	0,14
6.	6	6,27	-0,27	6,02	-0,02	-0,145	0,145

### 1.6.2 Pro měřený rozsah $M=12V$

č. měření	$U_o$ (V)	$U_{kn}$ (V)	$\Delta_n$ (V)	$U_{kd}$ (V)	$\Delta_d$ (V)	$\Delta_{stř}$ (V)	$o$ (V)
1.	2	2,15	-0,15	2,1	-0,1	-0,125	0,125
2.	4	4,1	-0,1	4	0	-0,05	0,05
3.	6	6,05	-0,05	6	0	-0,025	0,025
4.	8	8	0	8,1	-0,1	-0,05	0,05
5.	10	9,9	0,1	10,1	-0,1	0	0
6.	12	11,9	0,1	12,1	-0,1	0	0

## 1.7 Příklad výpočtu

### 1.7.1 Příklad výpočtu pro M=6V

$$\Delta_n = U_o - U_{kn} = 6 - 6,27 = -0,27 [V], \quad \Delta_d = U_o - U_{kd} = 6 - 6,02 = -0,02 [V]$$

$$\Delta_{stř\max} = \frac{\Delta_d + \Delta_n}{2} = \frac{-0,27 + (-0,02)}{2} = -0,145 [V]$$

$$o_{\max} = -\Delta_{stř\max} = 0,145 [V]$$

$$\delta_{Z\max} = \frac{o_{\max} \cdot 100}{M} = \frac{0,145 \cdot 100}{6} = 2,42$$

Třída přesnosti přístroje na daném rozsahu M = 6 V je **TP = 2,42**.

### 1.7.2 Příklad výpočtu pro M=12V

$$\Delta_n = U_o - U_{kn} = 2 - 2,15 = -0,15 [V], \quad \Delta_d = U_o - U_{kd} = 2 - 2,1 = -0,1 [V]$$

$$\Delta_{stř\max} = \frac{\Delta_d + \Delta_n}{2} = \frac{-0,15 + (-0,1)}{2} = -0,125 [V]$$

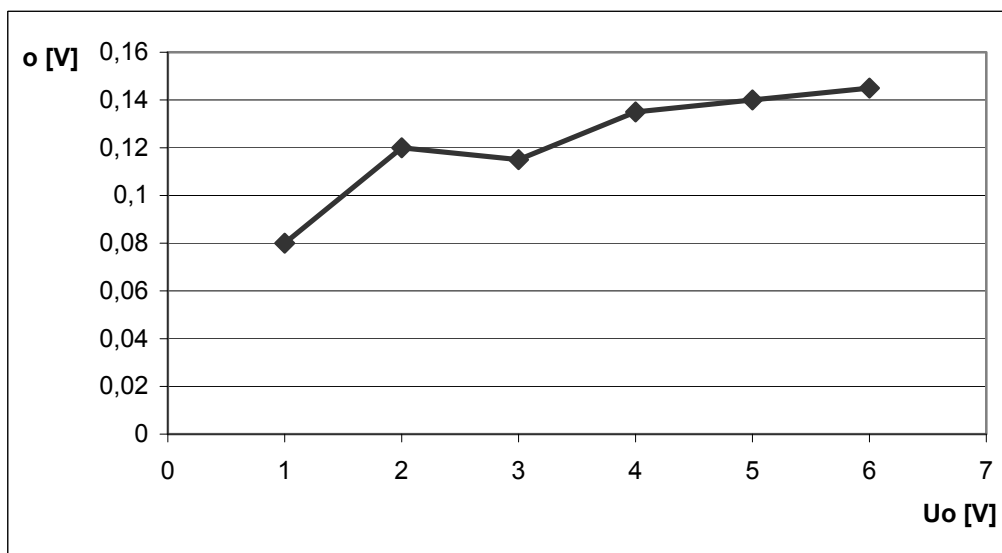
$$o_{\max} = -\Delta_{stř\max} = 0,125 [V]$$

$$\delta_{Z\max} = \frac{o_{\max} \cdot 100}{M} = \frac{0,125 \cdot 100}{12} = 1,04$$

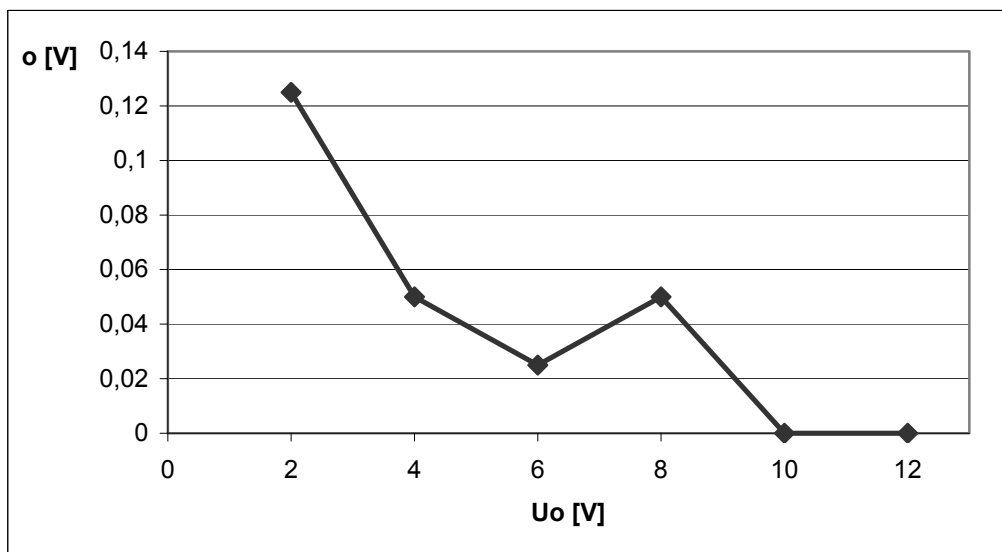
Třída přesnosti přístroje na daném rozsahu M = 12 V je **TP = 1,04**.

## 1.8 Grafické znázornění – korekční křivky

### 1.8.1 Korekční křivka pro M=6V



### 1.8.2 Korekční křivka pro M=12V



### 1.9 Závěr

Ověřovaný přístroj voltmetr typ: Metra Blansko na rozsahu:

- $M = 6V$  má třídu přesnosti  $TP = 2,42$ . Tato třída přesnosti nevyhovuje udávané třídě přesnosti uvedené na měřicím přístroji, která je 1,5.
- $M = 12V$  má třídu přesnosti  $TP = 1,04$ . Tato třída přesnosti vyhovuje udávané třídě přesnosti, která je 1,5.

Přístroj je možno používat na méně přesná měření.

## 2. Úloha č.2: Změna rozsahu ampérmetru a ověření ampérmetru pro nový rozsah

Úkol měření:

1. Zjistíte vnitřní odpor ampérmetru.
2. Navrhnete odpor bočnicku dle zadaného navýšení rozsahu ampérmetru.
3. Ověříte ampérmetr na novém rozsahu pro šest hodnot při plynulém zvětšování proudu a pro šest hodnot při plynulém zmenšování proudu.
4. Z naměřených hodnot vypočtete průměrné opravy a nakreslete opravnou křivku.
5. Zjistíte největší opravu – korekci a z ní vypočtete relativní – procentní chybu přístroje.
6. Určete třídu přesnosti přístroje jako nejbližší vyšší číslo ze stanovené řady.

### 2.1 Teoretický úvod

Má-li ampérmetr o vnitřním odporu  $R_A$  základní měřicí rozsah daný proudem  $I_A$ , můžeme tento rozsah zvýšit, připojíme-li k přístroji paralelně tzv. bočník o odporu  $R_B$ . Proud  $I$ , který chceme po této úpravě měřit, se podle I. Kirchhoffova zákona rozdělí na proud  $I_A$  ampérmetrem a proud  $I_B$  bočníkem.

Napětí na ampérmetru a na bočníku jsou stejná  $U_A=U_B$ , odpor bočnicku vypočteme jako podíl napětí  $U_B$  na bočníku a proudu  $I_B$ , který bočníkem protéká.

$$R_B = \frac{U_B}{I_B} = \frac{R_A \cdot I_A}{I - I_A} = R_A \frac{I_A}{I - I_A} = \frac{R_A}{n - 1}.$$

### 2.2 Popis metody měření

Nejdříve jsme zjistili vnitřní odpor ampérmetru pomocí ohmmetru ( $R_A=914\Omega$ ) na rozsahu ampérmetru  $500\mu A$ .

Dále jsme vypočetli příslušný odpor bočnicku dle zadaného navýšení rozsahu ampérmetru na hodnotu nového rozsahu  $2,4mA$ , což odpovídá  $4,8$  násobku původního rozsahu.

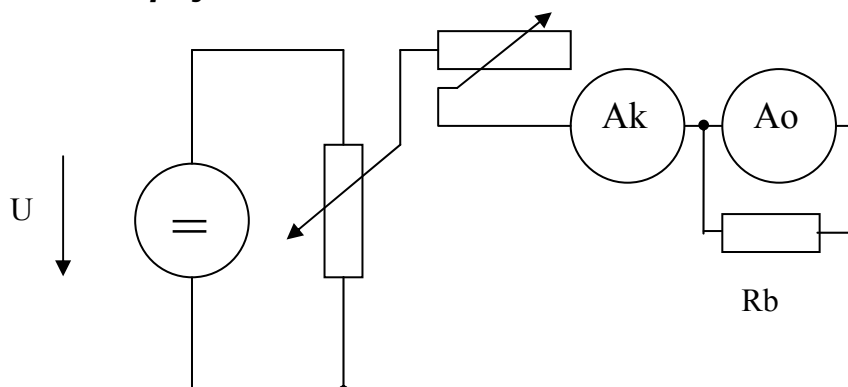
$$R_B = \frac{R_A}{n - 1} = \frac{914}{4,8 - 1} = 240\Omega.$$

Zjistíme největší opravu  $o_{max}$  a spočítáme základní maximální procentní (relativní chybu)

$$\delta_{Z_{max}} = \frac{o_{max} \cdot 100}{M}.$$

Zjistíme třídu přesnosti přístroje na daném rozsahu  $M$ ,  $TP \geq \delta_{Z_{max}}$ .

### 2.3 Schéma zapojení



## 2.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů

Pořadí	Název	Typ	Rozsah
1.	Zdroj	PZN-336VA	0V-42V
2.	Potenciometr	Metra Blansko	1200ohm.
3.	Ampérmetr kontrolní	M3900	20 $\mu$ A-10A
4.	Ampérmetr ověřovaný	Metra Blansko	50 $\mu$ A-500 $\mu$ A

## 2.5 Postup měření

Třídu přesnosti měřicího přístroje jsme zjišťovali v šesti hlavních bodech stupnice a to při plynulém zvětšování měřené veličiny a pak při plynulém zmenšování měřené veličiny.

Nastavujeme celistvé hodnoty dílků  $I_o$  na ověřovaném voltmetru a odečítáme odpovídající hodnoty  $I_{kn}$  (nahoru)  $I_{kd}$  (dolů) na kontrolním voltmetru.

Pro každý řádek tabulky spočítáme:

absolutní chyby  $\Delta_n = I_o - I_{kn}$  a  $\Delta_d = I_o - I_{kd}$ ,

střední absolutní chybu  $\Delta_{stř} = \frac{\Delta_d + \Delta_n}{2}$ ,

opravu  $o = -\Delta_{stř}$ .

Zjistíme největší opravu  $o_{max}$  a spočítáme základní maximální procentní (relativní chybu)

$$\delta_{Zmax} = \frac{o_{max} \cdot 100}{M}$$

Zjistíme třídu přesnosti přístroje na daném rozsahu  $M$ ,  $TP \geq \delta_{Zmax}$ .

## 2.6 Tabulka naměřených a vypočtených hodnot

Pro nový rozsah  $M=2,4mA$ .

č. měření	$I_o$ (mA)	$I_{kn}$ (mA)	$\Delta_n$ (mA)	$I_{kd}$ (mA)	$\Delta_d$ (mA)	$\Delta_{stř}$ (mA)	$o$ (mA)
1.	0,48	0,52	-0,04	0,5	-0,02	-0,03	0,03
2.	0,96	1	-0,04	1	-0,04	-0,04	0,04
3.	1,44	1,48	-0,04	1,5	-0,06	-0,05	0,05
4.	1,92	1,98	-0,06	2	-0,08	-0,07	0,07
5.	2,1	2,16	-0,06	2,16	-0,06	-0,06	0,06
6.	2,4	2,46	-0,06	2,46	-0,06	-0,06	0,06

## 2.7 Příklad výpočtu

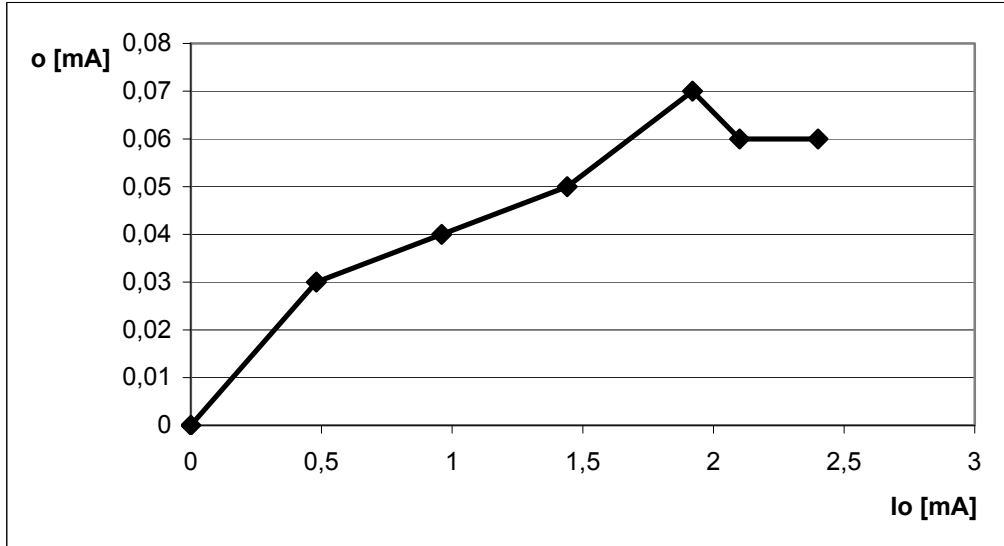
$$\Delta_n = I_o - I_{kn} = 1,92 - 1,98 = -0,06 [mA], \quad \Delta_d = I_o - I_{kd} = 1,92 - 2 = -0,08 [mA]$$

$$\Delta_{střmax} = \frac{\Delta_d + \Delta_n}{2} = \frac{-0,06 + (-0,08)}{2} = -0,07 [mA]$$

$$o_{max} = -\Delta_{střmax} = 0,07 [mA]$$

$$\delta_{Z_{\max}} = \frac{|o_{\max}|}{M} \cdot 100 = \frac{|0,07| \cdot 100}{2,4} = 2,92$$

## 2.8 Grafické znázornění – korekční křivka



## 2.9 Závěr

Ověřovaný ampérmetr typ: Metra Blansko, M=0,5mA má třídu přesnosti TP=1.

Vypočítaná třída přesnosti po ověření ampérmetru TP=2,92. Třída přesnosti tedy nevyhovuje udávané třídě přesnosti, která je uvedena na měřicím přístroji.

Přístroj je možno používat na méně přesné měření.



### 3. Úloha č.3: Změřte hodnotu neznámého rezistoru Ohmovou metodou a můstkovou metodou

Úkol měření:

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  $R_a$ .
2. Zjistěte chybu metody.
3. Změřte stejný neznámý odpor můstkovou metodou a porovnejte naměřenou a skutečnou hodnotu. Zjistěte chybu metody.
4. Porovnejte výsledky.

#### 3.1 Teoretický úvod

Ohmova metoda měření elektrického odporu je klasický způsob měření, při němž vypočítáváme velikost odporu měřené zátěže pomocí Ohmova zákona. Wheatstoneův můstek se skládá ze čtyř větví a nulového indikátoru (milivoltmetru). Vyvažování spočívá ve změně velikosti odporu rezistorů  $R_2$ ,  $R_3$  a  $R_4$  tak dlouho, až má nulový indikátor nulovou výchylku.

#### 3.2 Popis metody měření

Výsledkem měření je zařazení měřených rezistorů do odpovídajících odporových řad a porovnání Ohmovy metody (založena na výpočtu odporu podle Ohmova zákona) pro malé a pro velké odpory.

Rozlišení na malé a velké odpory provedeme podle hraničního odporu. Platí pro něj vztah

$R_h = \sqrt{R_A \cdot R_V}$ , kde  $R_A$  je odpor ampérmetru a  $R_V$  je odpor voltmetru.

##### 3.2.1 Ohmova metoda pro malé odpory

Kdybychom pro výpočet odporu použili přímo naměřené hodnoty získáme chybu, která je způsobena tím, že ampérmetr měří též proud, který prochází voltmetrem. V případě, že odpor rezistoru bude mnohonásobně menší než odpor voltmetru (tj. bude se lišit alespoň o dva řády) lze chybu zanedbat, protože proud voltmetru bude mnohonásobně menší. V opačném případě musíme provést korekci chyby.

Pro proud ampérmetrem platí  $I_A = I_V + I_R$ , kde  $I_V$  je proud voltmetru a  $I_R$  je proud měřeným rezistorem. Proud voltmetrem vypočítáme podle Ohmova zákona  $I_V = \frac{U_V}{R_V}$ , kde  $U_V$  je napětí

na voltmetru a  $R_V$  je jeho vnitřní odpor. Výsledný vztah pro výpočet odporu je tedy:

$$R = \frac{U_V}{I_R} = \frac{U_V}{I_A - I_V} = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}}$$

Korekci napětí není nutno provádět, protože voltmetr je zapojen paralelně k měřenému odporu a tudíž je na obou prvcích stejné napětí.

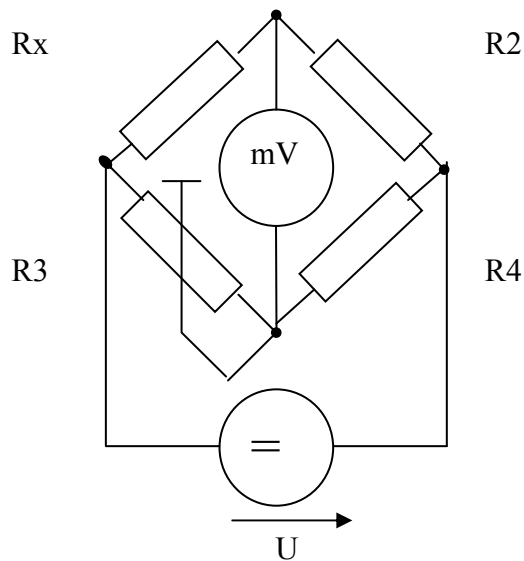
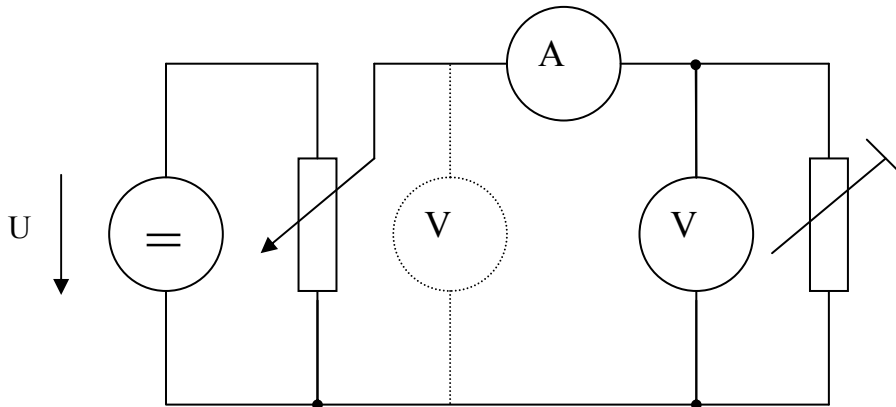
##### 3.2.2 Ohmova metoda pro velké odpory

V tomto případě je chyba způsobena tím, že voltmetr měří i úbytek napětí na ampérmetru. V případě, že odpor ampérmetru je mnohonásobně menší než odpor měřeného rezistoru lze chybu zanedbat, protože úbytek napětí na ampérmetru bude mnohem menší než na měřeném rezistoru. V opačném případě je nutno provést korekci chyby.

Napětí změřené voltmetrem je dáno součtem napětí na ampérmetru a na rezistoru. Platí tedy  $U_V = U_A + U_R$ . Pro velikost odporu rezistoru platí  $R = \frac{U_V - U_A}{I_A}$ . Zlomek  $\frac{U_A}{I_A}$  je odpor ampérmetru. Výsledný vztah pro výpočet odporu je tedy:

$$R = \frac{U_V}{I_A} - R_A$$

### 3.3 Schémata zapojení



### 3.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů

Pořadí	Název	Typ	Rozsah
1.	Zdroj	PZN-336VA	0V-42V
2.	Potenciometr	Metra Blansko	1200ohm.
3.	Ampérmetr	M3900	20 $\mu$ A-10A
4.	Voltmetr	M3900	0V - 1000V
5.	Odporová dekáda	Metra Blansko	0 - 100000 $\Omega$

### 3.5 Postup měření

Počítáme pomocí Ohmovy metody pro malé odpory. Nejdříve vypočteme odpor  $R_x$  pro 2 hodnoty  $U, I$  ( $R_x = \frac{U}{I}$ ), přesněji  $R_x' = \frac{U}{I - I_V}$ , a porovnáme naměřenou a skutečnou hodnotu

pomocí vzorce  $\Delta m = R_x' - R_x$  zjistíme chybu metody. Poté obvod zapojíme do Wheatstoneova můstku. Měníme odpory v můstku až k vyvážení můstku. Poté podle rovnice  $\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$  vypočteme odpor  $R_x$ . Pak zjistíme chybu měření  $\Delta m = R_x' - R_x$ .

### 3.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

#### 3.6.1 Ohmova metoda

č. měření	U (V)	I (mA)	$R_x$ ( $\Omega$ )
1	29,25	120	243,75
2	25,25	100	252,5

#### 3.7.2 Můstková metoda

$U_i$ (V)	$R_4$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\Omega$ )	$R_3$ ( $\Omega$ )	$R_x$ ( $\Omega$ )
0	1003	999	241,9	240,9

### 3.7 Příklad výpočtu

#### 3.7.1 Ohmova metoda

$$R_A = 1,8 \Omega$$

$$R_V = 10 \text{ M}\Omega$$

$$R_x < \sqrt{R_A \cdot R_V} = \sqrt{1,8 \cdot 10000000} = 13416 \Omega \Rightarrow \text{pro malé odpory}$$

$$R_x = \frac{U}{I} = \frac{29,25}{0,12} = 243,75 \Omega$$

$$I_V = \frac{U}{R_V} = \frac{29,25}{10000000} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ A}$$

$$R_x' = \frac{U}{I - I_V} = \frac{29,25}{0,12 - 3 \cdot 10^{-6}} = 243,76 \Omega$$

$$\Delta m = R_x' - R_x = 0,01 \Omega$$

#### 3.7.2 Můstková metoda

$$R_x = \frac{R_3 \cdot R_2}{R_4} = \frac{241,9 \cdot 999}{1003} = 240,9 \Omega$$

$$\Delta m = R_x' - R_x = 2,86 \Omega$$

### 3.8 Závěr

Můstková metoda je jednodušší na výpočet a nepotřebujeme tolik měřících přístrojů jako při použití metody ohmové, zato potřebujeme laditelný odpor (odporovou dekádu) a další dva odpory jejichž hodnotu známe. U Ohmovy metody musíme navíc znát vnitřní odpor voltmetru a zahrnout ho do výpočtu.

## 4. Úloha č. 4: Měření kapacity pomocí A-metru, V-metru a můstku.

Úkol měření:

1. Změřte kapacitu tří kondenzátorů pomocí A-metru, V-metru v obvodu střídavého pro dvě hodnoty napětí  $U$  a zvolený kmitočet  $f$ .
2. Vypočtěte  $C$  pro obě hodnoty  $U$ .
3. Kondenzátor změřte pomocí Metexu.
4. Měňte kmitočet  $f$  od 10 Hz do 1000 Hz a změřte kmitočtovou závislost reaktance  $X_C$  kondenzátoru.
5. Závislost vynesete do grafu.
6. Porovnejte naměřené hodnoty a popište průběh grafu.

### 4.1 Teoretický úvod

Ohmova metoda spočívá ve výpočtu impedance měřeného prvku ze znalostí úbytku napětí a proudu jím protékající. V tomto případě se jedná o zjednodušení, neboť považujeme kondenzátor za ideální tj. impedance je rovna reaktanci kondenzátoru. Pro výslednou kapacitu, kterou chceme vypočítat, pak můžeme psát:

$$C_X = \frac{I}{\omega \cdot U} = \frac{I}{2\pi f \cdot U}$$

### 4.2 Popis metody měření

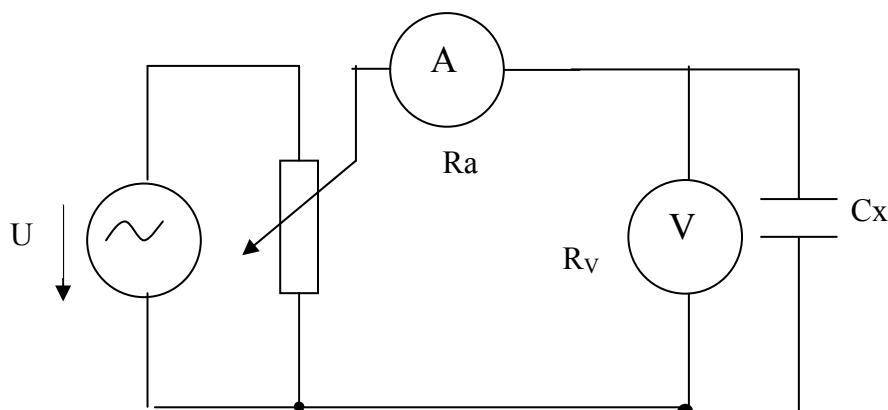
Ohmova metoda vychází z obecného znění Ohmova zákona, podle něhož platí:

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C} \quad \text{kde} \quad Z_C = X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f} \cdot \frac{I_C}{U_C}$$

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

### 4.3 Schéma zapojení



#### 4.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů

Pořadí	Název	Typ	Rozsah
1.	Zdroj	MXG-9816A	1Hz-2.7Hz
2.	Potenciometr	Metra Blansko	1200ohm.
3.	Ampérmetr	M3900	20μA-10A
4.	Voltmetr	M3900	200mV-1000V
5.	Kondenzátor	Tesla	68nF-400V

#### 4.5 Postup měření

Obvod zapojíme podobně jako u Ohmovy metody podle velikosti reaktance  $X_C$ . Poté změříme  $U$  a  $I$  tří kondenzátorů vždy pro dvě hodnoty. Z naměřeného  $U$  a  $I$  vypočteme  $X_C$  pomocí vzorce  $X_C = \frac{U}{I}$ . Dále vypočteme  $C_x$  pomocí vzorce  $C_x = \frac{I}{2\pi f U}$ . Ty samé kondenzátory

změříme pomocí můstků.

Dále jsme měřili frekvenční závislost jednoho vybraného kondenzátoru. Na generátoru jsme nastavili výstupní napětí a kmitočet postupně měnili podle tabulky. Pro jednotlivé kmitočty jsme odečítali napětí a proud tekoucí kondenzátorem. Pro jednotlivé kmitočty jsme vypočítali reaktanci kondenzátoru pomocí napětí a proudu. Závislost reaktance kondenzátoru na frekvenci jsme následně vynesli do grafu jako  $X_C = f(f)$ .

#### 4.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

##### 4.6.1 Tabulka naměřených a vypočtených hodnot tří kondenzátorů

štitková hodnota	U [V]	I [A]	$X_C$ [ $\Omega$ ]	$C_x$ [nF]	$C_x$ změřená můstkem
2 $\mu$ F	0,782	0,0006	1303,5	2440	2,4 $\mu$ F
2 $\mu$ F	3,74	0,003	1246,6	2550	2,4 $\mu$ F
68 nF	0,627	0,000013	48230,77	66	67 nF
68 nF	3	0,000063	47619	66,8	67 nF
100 nF	3,05	0,00012	25416,6	125,24	100,5 nF
100 nF	2,54	0,0001	25400	125,3	100,5 nF

##### 4.6.2 Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro kmitočtovou závislost reaktance $X_C$ kondenzátoru 68 nF

f(Hz)	U(V)	I( $\mu$ A)	$X_C(\Omega)$	C(F)
10	0,634	2,7	234814,8	6,78E-08
50	0,627	13	48230,77	6,6E-08
100	0,646	26,8	24104,48	6,6E-08
200	0,645	54,1	11922,37	6,67E-08
300	0,642	81,1	7916,153	6,7E-08
400	0,638	107,5	5934,884	6,7E-08
500	0,632	133	4751,88	6,7E-08
600	0,626	157	3987,261	6,65E-08
700	0,619	181	3419,89	6,65E-08
800	0,648	213	3042,254	6,54E-08
900	0,648	240	2700	6,55E-08

#### 4.7 Příklad výpočtu

Měříme při frekvenci 50 Hz.

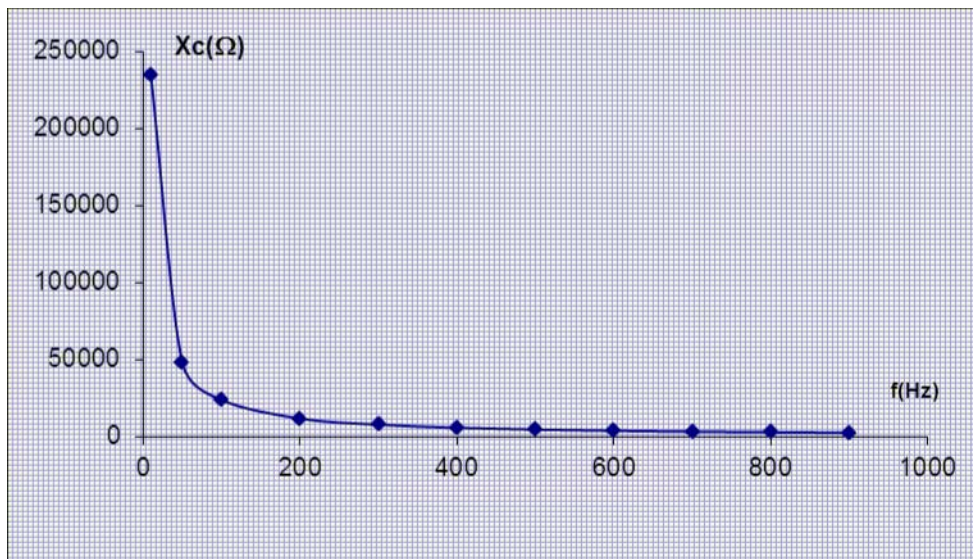
$$X_C = \frac{U}{I} = \frac{2,54}{0,0001} = 25400\Omega$$

Výpočet kapacity:

$$C_X = \frac{I}{2\pi f U} = \frac{0,0001}{2\pi \cdot 50 \cdot 2,54} = 125,3 \text{ nF}$$

#### 4.8 Grafické znázornění

Graf závislosti reaktance na kmitočtu:



#### 4.9 Závěr

Spočtené kapacity kondenzátorů, přibližně odpovídají výrobcem udávaných kapacit (štítkových hodnot).

Při měření kmitočtové závislosti jsem dospěl k názoru že:

- čím menší kmitočet, tím větší je reaktance.
- čím větší je kmitočet, tím menší je reaktance.

## 5. Úloha č. 5: Měření impedance cívky pomocí A-metru, V-metru a W-metru

Úkol měření:

1. Změřte impedanci  $Z_x$ , činný odpor  $R_x$  a indukčnost  $L_x$  cívky **vzduchové** a cívky se **železným jádrem**.
2. Pro střídavé napětí v rozmezí  $U=0-40V$  měřte  $I$ ,  $P$  cívky vzduchové.
3. Vypočtete korigovaný výkon  $P'$ : od naměřené hodnoty výkonu  $P$  odečtete výkon ztracený ve V-metru ( $U^2/R_v$ ) a napět'ové cívce W-metru ( $U^2/R_{nw}$ ), nebo A-metru ( $R_a I^2$ ) a proudové cívce W-metru ( $R_{pw} I^2$ ).
4. Pro každou trojici naměřených hodnot vypočtete  $Z_x$ ,  $R_x$ ,  $L_x$  a vynesete do grafu  $L_x = f(U)$ .
5. Pro zvolené napětí nakreslete fázorový diagram (pro obě cívky).
6. Porovnejte naměřené hodnoty pro cívku vzduchovou a cívku se železným jádrem a průběhy grafů.

### 5.1 Teoretický úvod:

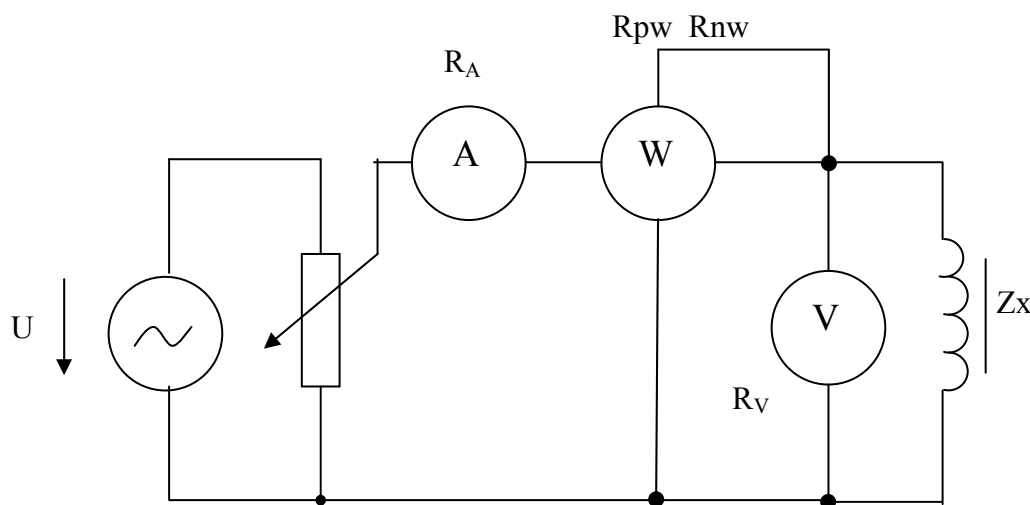
V této úloze zkoumáme rozdílné chování vzduchové cívky a cívky se železným jádrem. Při měření impedance napájíme obvod vždy střídavým sinusovým proudem, při napájení stejnosměrným proudem bychom změřili pouze činnou složku impedance, tedy ohmický odpor.

Pro zjišťování velikosti jednotlivých složek impedance pomocí voltmetru, ampérmetru a wattmetru, využíváme základních vztahů pro určení velikosti impedance, které známe z elektrotechniky.

### 5.2 Popis metody měření:

Zapojení volíme podobně jako u Ohmovy metody podle velikosti impedance  $Z_x$ . Zapojení volíme vzhledem k vnitřním odporům měřících přístrojů. Vlastní zapojení nám i ovlivní výpočet korigovaného výkonu  $P'$ , kde odečítáme buď výkon ztracený ve Voltmetru a napět'ové cívce Wattmetru nebo výkon ztracený v Ampérmetru a proudové cívce Wattmetru.

### 5.3 Schéma zapojení



## 5.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů:

Pořadí	Název	Typ	Rozsah
1.	Zdroj AC	ELA A146	0 – 50 V
2.	Voltmetr	Mastech M3900	
3.	Ampérmetr	Mastech M3901	
4.	Wattmetr	ELA A40	0 – 360 W
5.	cívka		0 – 2 A

## 5.5 Postup měření:

Nejdříve zapojíme obvod do zapojení s cívkou, ale budeme měřit bez jádra. Na zdroji postupně nastavujeme hodnoty. Změříme napětí, proud a výkon.

Díky U, I a P vypočítáme P' pomocí vzorce  $P' = P - (P_v + P_w)$

$P_v$  – výkon ztracený ve Voltmetru: vypočítáme  $P_v = U^2 / R_v$

$P_w$  – výkon na napěťové cívce Wattmetru: vypočítáme  $P_w = U^2 / R_{nw}$

Poté spočítáme  $\cos \Phi = P' / U \cdot I$

Dále spočítáme  $Z_x (\Omega)$ ,  $R_x (\Omega)$ ,  $L_x (H)$

Dále provedeme měření pro cívku se železným jádrem (transformátorové plechy). Naměříme U, I a P. A stejně postupujeme při počítání dalších veličin.

Konstanty měřicích přístrojů:  $R_v = 10 \text{ M}\Omega$ ,  $R_{nw} = 24 \text{ k}\Omega$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$

## 5.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

### 5.6.1 Pro cívku bez jádra (vzduchovou)

č.měř.	U (V)	I (A)	P (W)	P' (W)	cos φ	Z <sub>x</sub> (Ω)	R <sub>x</sub> (Ω)	L <sub>x</sub> (mH)
1.	4,20	0,84	0,800	0,799	0,23	5,00	1,13	15,501
2.	5,00	1,10	3,300	3,299	0,60	4,55	2,73	11,575
3.	12,60	2,79	21,600	21,593	0,61	4,52	2,77	11,342

### 5.6.2 Pro cívku se železným jádrem jádra

č.měř.	U (V)	I (A)	P (W)	P' (W)	cos φ	Z <sub>x</sub> (Ω)	R <sub>x</sub> (Ω)	L <sub>x</sub> (mH)
1.	18,20	0,32	0,900	0,886	0,15	56,88	8,79	178,864
2.	33,00	0,66	4,000	3,955	0,18	50,00	9,18	156,448
3.	45,70	1,02	3,500	3,413	0,07	44,80	3,36	142,213

## 5.7 Příklad výpočtu

Pro první řádek tabulky cívky bez jádra.

$$P' = P - P_v - P_{nw} = P - R_v \cdot I^2 - R_{nw} \cdot I^2$$

$$P' = 0,8 - \frac{0,84^2}{1 \cdot 10^7} - \frac{0,84^2}{24000} = 0,799 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = \frac{P'}{U \cdot I} = \frac{0,799}{4,2 \cdot 0,84} = 0,23$$



$$Z_x = \frac{U}{I} = \frac{4,2}{0,84} = 5 \Omega$$

$$P = R \cdot I^2 \Rightarrow R_x = \frac{P}{I^2}$$

$$R_x = \frac{0,8}{0,84^2} = 1,134 \Omega$$

Pro výpočet indukčnosti je třeba vypočítat reaktanci:

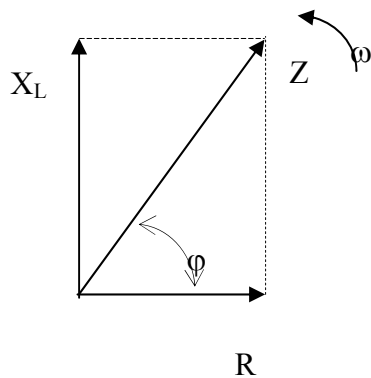
$$X_L = \sqrt{Z_x^2 - R_x^2}$$

$$X_L = \omega L \Rightarrow L = \frac{X_L}{\omega}$$

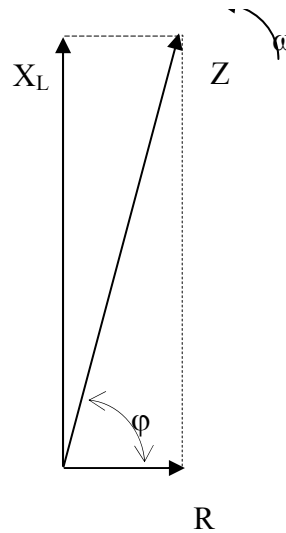
$$L_x = \frac{\sqrt{5^2 - 1,13^2}}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,015501 H$$

## 5.8 Grafické znázornění

### 5.8.1 Fázorové diagramy

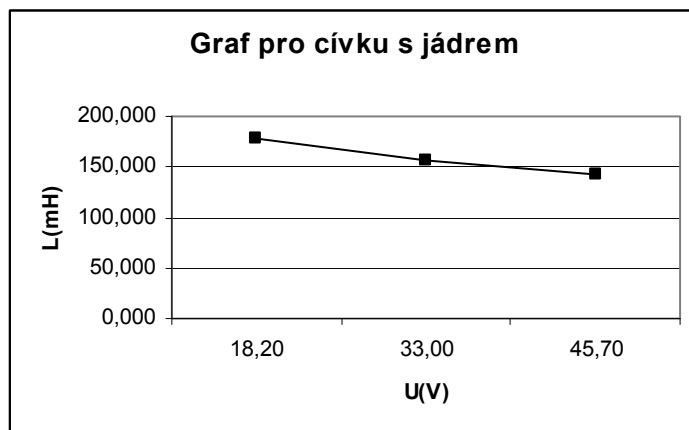
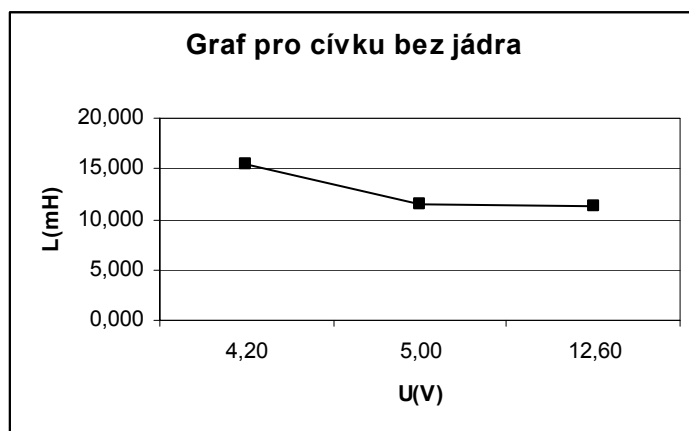


Vzduchová cívka:  
1 ohm = 1 cm



Cívka se železným jádrem  
10 ohm ... 1 cm

## 5.8.2 Grafy závislosti indukčnosti na napětí (pro první řádek tabulek)



## 5.9 Závěr

Porovnáním hodnot impedancí v tabulce a v grafu jsme dospěli k závěru, že cívka s jádrem má mnohonásobně vyšší impedanci než cívka bez jádra.

Dále z měření vyplývá, že vzduchová cívka se chová jako lineární součástka s nižší indukčností než cívka se železným jádrem. Cívka s jádrem se chová naopak jako nelineární součástka.

## 6. Úloha č. 6: Měření výkonu cívky pomocí A-metru, V-metru a W-metru

Úkol měření:

1. Změřte činný výkon  $P$  vzduchové cívky v obvodu **stejnoseměrného** proudu pro dvě hodnoty napětí.
2. Změřte činný výkon  $P$ , jalový výkon  $Q$  a zdánlivý výkon  $S$  v obvodu **střídavého** proudu vzduchové cívky
3. Měřte  $I$ ,  $P$  cívky vzduchové v rozmezí  $U=0-40V$ .
4. Vypočtete korigovaný výkon  $P'$ : od naměřené hodnoty výkonu  $P$  odečtete výkon ztracený ve V-metru ( $U^2/R_V$ ) a napěťové cívice W-metru ( $U^2/R_{nw}$ ), nebo A-metru ( $R_A I^2$ ) s proudové cívice W-metru ( $R_{pw} I^2$ ).
5. Pro naměřené hodnoty vypočtete  $Q$ ,  $S$ .
6. Pro zvolené napětí nakreslete fázorový diagram.
7. Porovnejte naměřené hodnoty pro obvod ss a střídavého proudu.

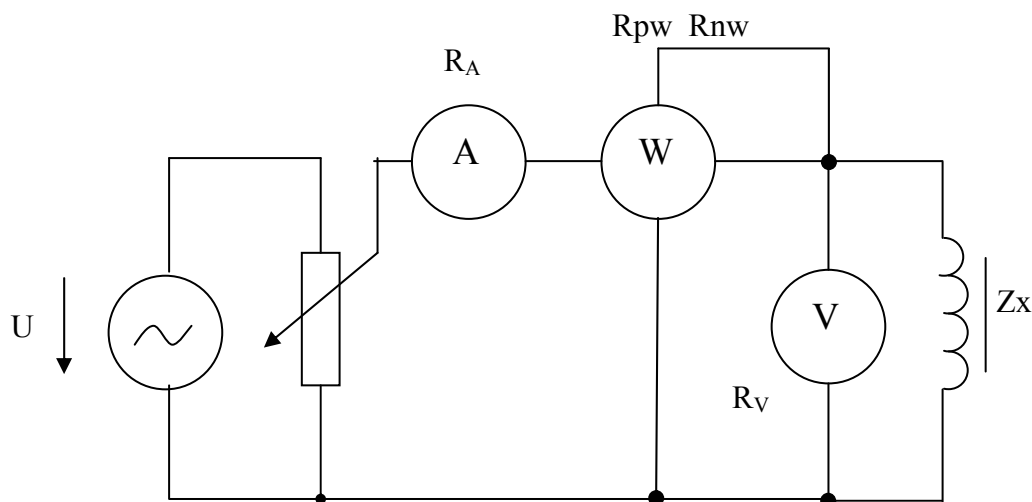
### 6.1 Teoretický úvod

Wattmetr ve skutečnosti měří výkon podle následujícího vztahu:  $P=U.I.\cos\varphi$ , kde  $\cos\varphi$  je fázový posun mezi napětím a proudem. Pro stejnosměrné obvody je  $\cos\varphi$  vždy roven 1. U střídavých obvodů záleží  $\varphi$  na typu zátěže. Wattmetr neukazuje naměřený výkon. Výkon se musí spočítat, protože máme rozsah  $U$  a  $I$ , dále máme počet dílků. Dále musíme vypočítat činný výkon  $P'$ . Pak si vypočítáme jalový výkon  $Q$ . A nakonec si vypočteme zdánlivý výkon  $S$ .

### 6.2 Popis metody měření

Zapojení volíme podobně jako u Ohmovy metody podle velikosti impedance  $Z_x$ . Zapojení volíme vzhledem k vnitřním odporům měřících přístrojů. Vlastní zapojení nám i ovlivní výpočet korigovaného výkonu  $P'$ , kde odečítáme buď výkon ztracený ve Voltmetru a napěťové cívice Wattmetru nebo výkon ztracený v Ampérmetru a proudové cívice Wattmetru.

### 6.3 Schéma zapojení



## 6.4 Tabulka použitých měřících přístrojů a zdrojů

Pořadí	Název	Typ	Výr. číslo
1.	Zdroj	B5554	309004
2.	Voltmetr	M3900	20041008481
3.	Ampérmetr	M3900	20041008481
4.	Wattmetr	Metra Blansko	7060107

## 6.5 Postup měření

Nejdříve jsme zjistili odpor voltmetru  $R_v=10\text{M}\Omega$  a odpor wattmetru  $R_w=2\text{k}\Omega$ .

$P_v$  a  $P_w$  vypočteme podle vzorců:  $P_v = \frac{U^2}{R_v}$ ;  $P_w = \frac{U^2}{R_w}$ .

Dále  $P'$  podle  $P'=P-P_v-P_w$ .

U střídavých proudů jsme postupovali podobně:

$$P_v = \frac{U^2}{R_v}; P_w = \frac{U^2}{R_w}$$

$$P'=P-P_v-P_w$$

$$P'=UI\cos\varphi$$

$$\varphi = \arccos = \frac{P'}{U * I}$$

Dále jsme s vypočítali jalový výkon  $Q=UI\sin\varphi$  a zdánlivý výkon  $S=UI$ .

## 6.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

### 6.6.1 Se zdrojem stejnosměrného proudu

č. měření	U (V)	I (A)	P (W)	P' (W)
1.	1,43	0,527	3,75	3,74897745
2.	2,5	0,72	5	4,996874375

### 6.6.2 Se zdrojem střídavého proudu

č. m.	U (V)	I (A)	P (W)	P' (W)	Sin $\square$	Q (var)	S (VA)
1.	3,75	0,813	2	1,992967344	0,7581	2,311	3,04875
2.	6,51	1,414	5,75	5,728805712	0,7581	7,2948	9,20514

## 6.7 Příklady výpočtů

### 6.7.1 Se zdrojem stejnosměrného proudu

$$P_V = \frac{U^2}{R_V}$$

$$P_V = \frac{1,43^2}{10 \cdot 10^6}$$

$$P_V = 2,0449 \cdot 10^{-7} W$$

$$P_W = \frac{U^2}{R_W}$$

$$P_W = \frac{1,43^2}{2 \cdot 10^3}$$

$$P_W = 1,02245 \cdot 10^{-3} W$$

$$P' = P - P_V - P_W$$

$$P' = 3,75 - 2,0449 \cdot 10^{-7} - 1,02245 \cdot 10^{-3}$$

$$P' = 3,748977345 W$$

### 6.7.2 Se zdrojem střídavého proudu

$$P_V = \frac{U^2}{R_V}$$

$$P_V = \frac{14,0625}{10 \cdot 10^6}$$

$$P_V = 1,40625 \cdot 10^{-6} W$$

$$P_W = \frac{U^2}{R_W}$$

$$P_W = \frac{14,0625}{2 \cdot 10^3}$$

$$P_W = 7,03125 \cdot 10^{-3} W$$

$$P' = P - P_V - P_W$$

$$P' = 2 - 1,40625 \cdot 10^{-6} - 7,03125 \cdot 10^{-3}$$

$$P' = 1,992967344 W$$

$$P' = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\varphi = \arccos\left(\frac{P'}{U \cdot I}\right)$$

$$\varphi = \arccos\left(\frac{1,992967344}{3,75 \cdot 0,813}\right)$$

$$\varphi = \arccos 0,653699825$$

$$\varphi = 49^\circ 18'$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$Q = 3,75 \cdot 0,813 \cdot \sin 49,18$$

$$Q = 3,75 \cdot 0,813 \cdot 0,7581$$

$$Q = 2,3114 \text{ VAr}$$

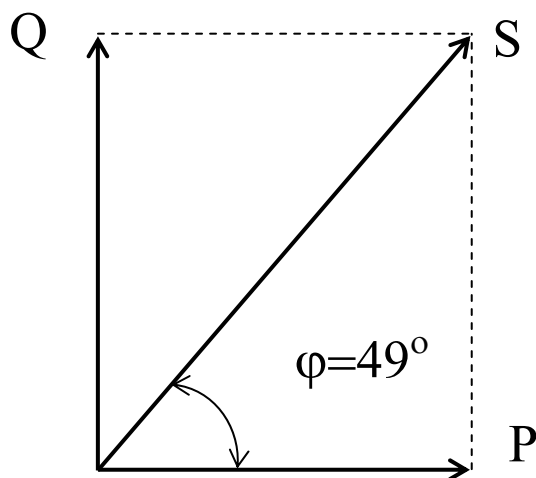
$$S = U \cdot I$$

$$S = 3,75 \cdot 0,813$$

$$S = 3,04875 \text{ VA}$$

## 6.8 Grafické znázornění

Pro zvolené napětí  $U=3,75\text{V}$ .



1W, 1VA, 1VAr=3cm

## 6.9 Závěr

Při porovnání měření se zdrojem stejnosměrného a střídavého proudu je zřejmé, že naměřený činný výkon u stejnosměrného proudu má vyšší hodnotu než u proudu střídavého.

U měření v zapojení se zdrojem střídavého proudu se kromě činného výkonu uplatňuje složka tzv. jalového výkonu  $Q$ . Jeho velikost odpovídá velikosti indukční reaktance cívky.

U stejnosměrného proudu není potřeba ke změření výkonu  $P$  wattmetr. Postačí naměřené hodnoty  $U$  a  $I$  ( $P=UI$ ), které vychází přibližně stejně jako hodnoty naměřené na wattmetru. Z toho vyplývá, že ztráty na měřicích přístrojích jsou tedy minimální.

## 7. Úloha č. 7: Měření V-A charakteristiky rezistoru a fotorezistoru

Úkol měření:

1. Změřte VA charakteristiku tří rezistorů, pro min. 5 hodnot napětí
2. Změřte VA charakteristiku fotorezistoru, pro 3 hodnoty osvětlení.
3. Z naměřených hodnot sestrojte VA charakteristiky.
4. Sestrojte graf závislosti odporu R fotorezistoru na osvětlení E.

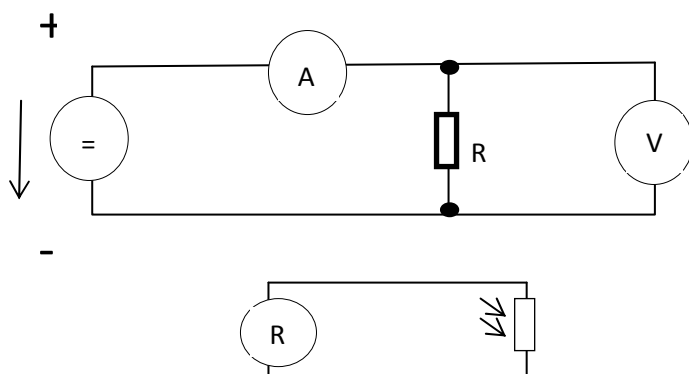
### 7.1 Teoretický úvod

VA charakteristika je závislost proudu na napětí. Každé hodnotě napětí náleží přesná hodnota proudu. Tato charakteristika se často zakresluje do grafu. Fotorezistor je součástka měnící svůj odpor na intenzitě osvětlení. Při jasném světle má nízký odpor. Ve tmě má velký odpor.

### 7.2 Popis metody měření

VA charakteristiku měřím pro tři odpory. U každého odporu pro devět hodnot napětí a proudu. U fotorezistoru měřím VA charakteristiku pro tři hodnoty osvětlení. Pro jasné světlo denní světlo a při tmě. Pro každou hodnotu osvětlení měřím devět hodnot napětí a proudu. odpor fotorezistoru měříme pro několik hodnot osvětlení.

### 7.3 Schéma zapojení



### 7.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů

Pořadí	Název	Typ	Rozsah
1.	Zdroj	MXG-9816A	1Hz-2.7Hz
2.	Ohmmetr	A 229	0 – 20 k $\Omega$
3.	Ampérmetr	M3900	20 $\mu$ A-10A
4.	Voltmetr	M3900	200mV-1000V
5.	Rezistory	1,8k $\Omega$ , 6,8k $\Omega$ , 10k $\Omega$	
6.	Fotorezistor	WK 650 67	

## 7.5 Postup měření

Rezistor (fotorezistor) zapojíme na zdroj stejnosměrného proudu, tak jako je to v schématu zapojení. Do série s ním zapojíme ampérmetr a paralelně k němu voltmetr. Pro určité hodnoty napětí odečítáme hodnoty proudu. Tyto hodnoty vyneseme do grafu.

Měříme-li odpor fotorezistoru v závislosti na osvětlení použijeme ohmmetr. Ohmmetr zapojíme paralelně k fotorezistoru a určíme velikost odporu, který se mění v závislosti na osvětlení.

## 7.6 Tabulky naměřených hodnot

### 7.6.1 Hodnoty pro rezistory

Rezistor 1k8		Resistor 6k8		Rezistor 10k	
U (V)	I (A)	U (V)	I (A)	U (V)	I (A)
0	0	0	0	0	0
2,1	0,0012	2,1	0,0003	2,1	0,0002
3,1	0,0018	3,1	0,0004	3,1	0,0003
4,1	0,0023	4,1	0,0006	4,1	0,0004
5,1	0,0029	5,1	0,0007	5,1	0,0005
10,1	0,0058	10,1	0,0014	10,1	0,0009
13,1	0,007	12,1	0,0017	12,1	0,0012
15,1	0,0088	15,1	0,0022	15,1	0,0014
20,1	0,0117	20,1	0,0029	20,1	0,0019

### 7.6.2 Hodnoty pro fotorezistor

Osvětlení 180 lux		Osvětlen 50 lux		Osvětlení 0 lux	
U (V)	I (A)	U (V)	I (A)	U (V)	I (A)
0	0	0	0	0	0
2,1	0,0039	2,1	0,0001	2,1	1E-06
4,09	0,0082	4,1	0,0003	4,1	0,00001
6,12	0,012	6,1	0,0005	6,14	0,00002
8,1	0,0166	8,15	0,0007	8,16	0,00003
10,11	0,021	10,12	0,0009	10,17	0,00003
12,11	0,0259	12,1	0,0011	12,08	0,00005
14,11	0,0314	14,1	0,0013	14,13	0,0001
20	0,047	20	0,0019	20,1	0,00013

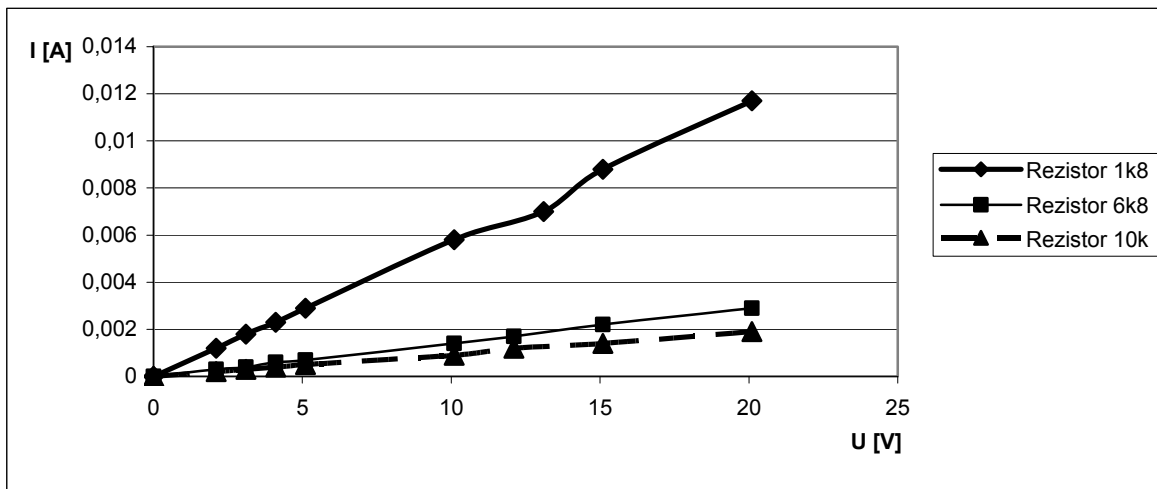
### 7.6.3 Hodnoty odporu fotorezistoru v závislosti na osvětlení

E (lux)	R ( $\Omega$ )
0	18
45	6,3
90	3,1
135	1,56
180	0,47

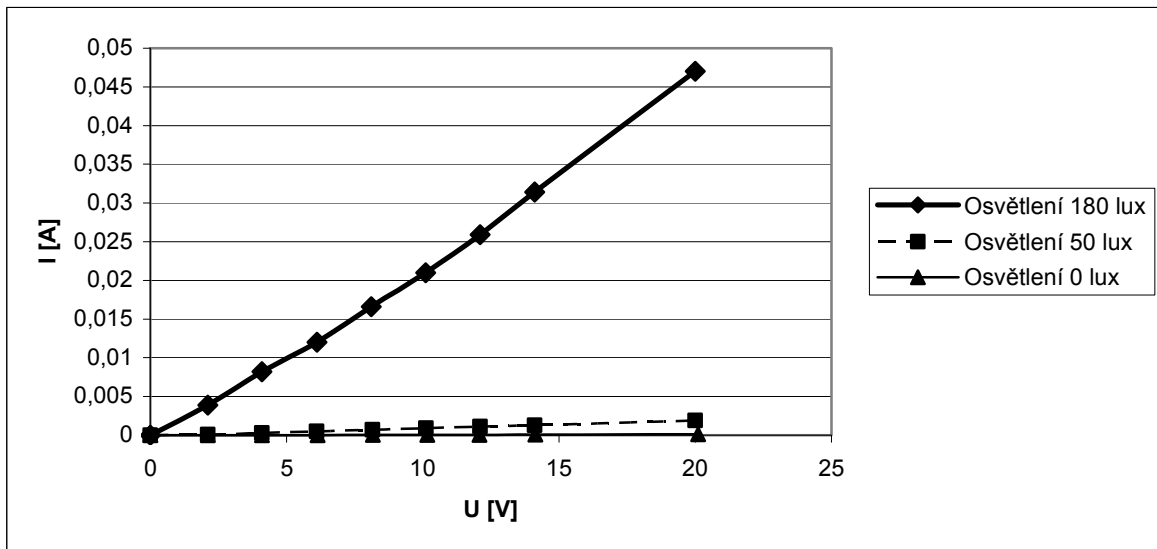


## 7.7 Grafické znázornění

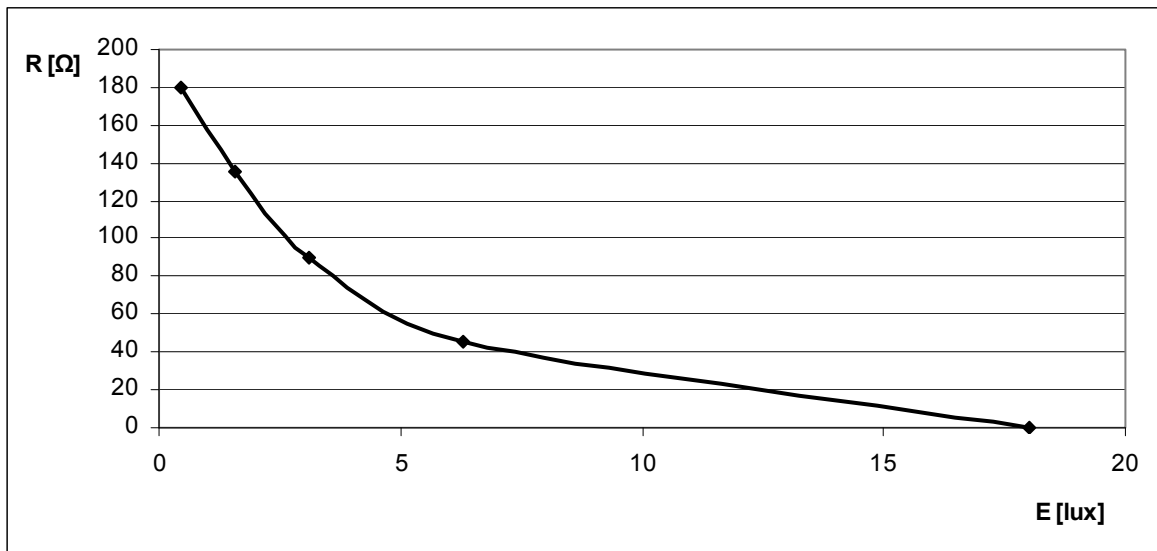
### 7.7.1 VA charakteristiky pro rezistory



### 7.7.2 VA charakteristiky pro fotorezistor



### 7.7.3 Závislost odporu fotorezistoru na osvětlení



### 7.8 Závěr

VA charakteristiky rezistorů a fotorezistoru by měly být přímky. K nepřesnostem mohlo dojít vlivem nepřesností měřících přístrojů, nedodržení „základních fyzikálních podmínek“ a stáráním součástek. Odpor fotorezistoru v závislosti na osvětlení je nepřímo úměrný. Zvýším-li hodnotu osvětlení sníží se odpor a naopak.

## 8. Úloha č.8: Měření V-A charakteristiky diody

Úkol měření:

1. Změřte V-A charakteristiku tří diod v propustném a závěrném směru
2. Z naměřených hodnot sestrojte grafy
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)
4. Porovnejte vlastnosti diod.

### 8.1 Teoretický úvod

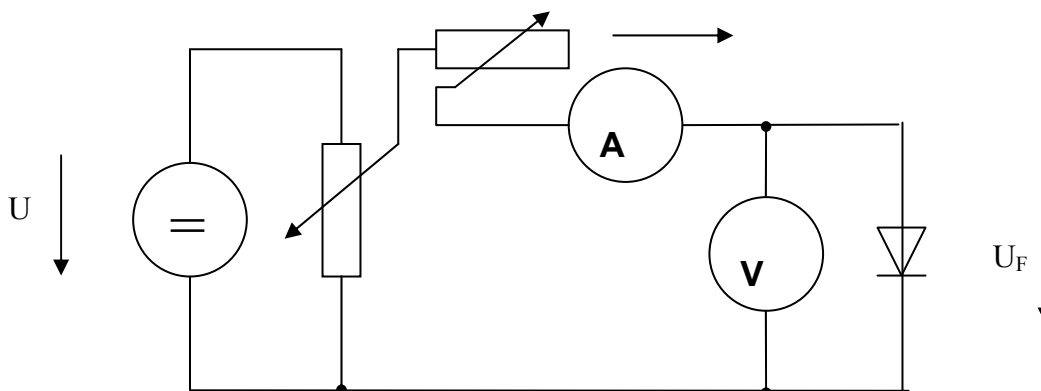
Dioda je elektronická součástka se dvěma elektrodami. Každá dioda má dva pracovní vývody, které se nazývají katoda a anoda. Základní funkcí diody je, že dovoluje tok proudu směrem od anody ke katodě od velmi nízkého napětí. A ve směru opačném, tedy od katody k anodě, proud teče od vyššího napětí. Pokud je na katodě kladné napětí a na anodě záporné napětí je dioda zavřená, to znamená, že téměř neteče proud. Pokud je na katodě záporné napětí a na anodě kladné napětí, je dioda otevřená a proud může protékat téměř bez omezení.

### 8.2 Popis metody měření

**Zenerova dioda:** má tu vlastnost, že propouští proud v závěrném směru až při určité velikosti napětí. Proud diodou lze nastavovat pomocí napětí zdroje. Je nutno dávat pozor, aby nebyl překročen maximální proud diodou. Zenerova dioda se nejčastěji používá pro stabilizaci napětí a jako ochrana proti přepětí.

**LED dioda:** nejenom, že napětí usměrňuje ale je také schopna vydávat světlo. LED diody díky moderním postupům výroby jsou stále svítivější a proto je lze již používat třeba jako brzdová světla automobilů.

### 8.3 Schéma zapojení



### 8.4 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů

Pořadí	Název	Typ	Rozsah
7.	Zdroj	MXG-9816A	1Hz-2.7Hz
8.	Potenciometr	Metra Blansko	1200ohm.
9.	Ampérmetr	M3900	20 $\mu$ A-10A
10.	Voltmetr	M3900	200mV-1000V
11.	Diody	Usměrňovací, Zenerova, LED	

## 8.5 Postup měření

Nejprve jsme si sestavili obvod podle schématu, který je uveden níže. Po sestavení obvodu jsme do obvodu zařadili námi zvolenou diodu (k měření jsou použity tyto diody: Klasická, Zenerova, LED dioda). Poté jsme měnili velikost napětí a zapisovali do tabulky. Změnou napětí se nám měnil i proud tekoucí skrz diodu. Všechny tři diody jsme zěřili v propustném i v záěrném směru. Vše je znázorněno v grafu.

## 8.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

### 8.6.1 Klasická dioda

Klasická dioda			
Propustný směr		Závěrný směr	
U (V)	I (mA)	U (V)	I (mA)
0	0	0	0
0,45	0,1	1	0
0,54	0,8	1	0
0,58	1,7	1	0
0,64	5,2	1	0
0,66	7,9	1	0
0,68	12,5	1	0
0,7	18,4	1	0
0,71	23,1	1	0

### 8.6.2 Zenerova dioda

Zenerova dioda			
Propustný směr		Závěrný směr	
U (V)	I (mA)	U (V)	I (mA)
0	0	0	0
0,5	0	6	8
0,65	1,4	6,07	23
0,7	4,4	6,13	42,6
0,75	10,2	6,2	77,4
0,78	14,8	6,26	102
0,82	21,4		

### 8.6.3 LED dioda

LED dioda			
Propustný směr		Závěrný směr	
U (V)	I (mA)	U (V)	I (mA)
0	0	0	0
1,79	0,2	1	0
1,82	0,7	1	0
1,92	4,2	1	0
2	19,5	1	0

## 8.7 Příklad výpočtu

### 8.7.1 Klasická dioda

Statický odpor:

$$R_p = \frac{U_p}{I_p} = \frac{0,68}{0,0125} = 54,4\Omega$$

Dynamický odpor:

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

$$\Delta I = I_2 - I_1$$

$$R_p^{dyn} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{0,7 - 0,66}{0,0184 - 0,0079} = 3,81\Omega$$

### 8.7.2 Zenerova dioda

Statický odpor:

$$R_p = \frac{U_p}{I_p} = \frac{0,78}{0,0184} = 52,7\Omega$$

Dynamický odpor:

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

$$\Delta I = I_2 - I_1$$

$$R_p^{dyn} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{0,82 - 0,75}{0,0214 - 0,0102} = 6,25\Omega$$

### 8.7.3 LED dioda

Statický odpor:

$$R_p = \frac{U_p}{I_p} = \frac{1,92}{0,0042} = 457,14\Omega$$

Dynamický odpor:

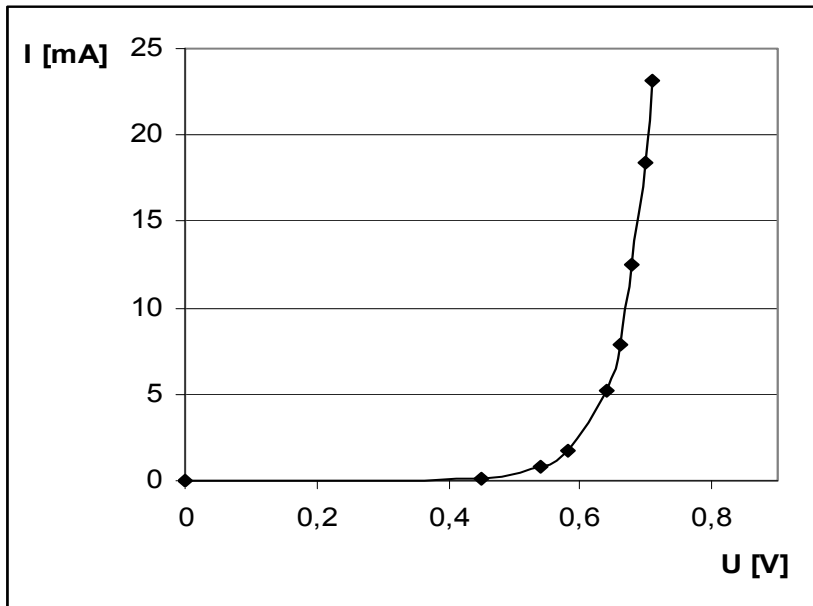
$$\Delta U = U_2 - U_1$$

$$\Delta I = I_2 - I_1$$

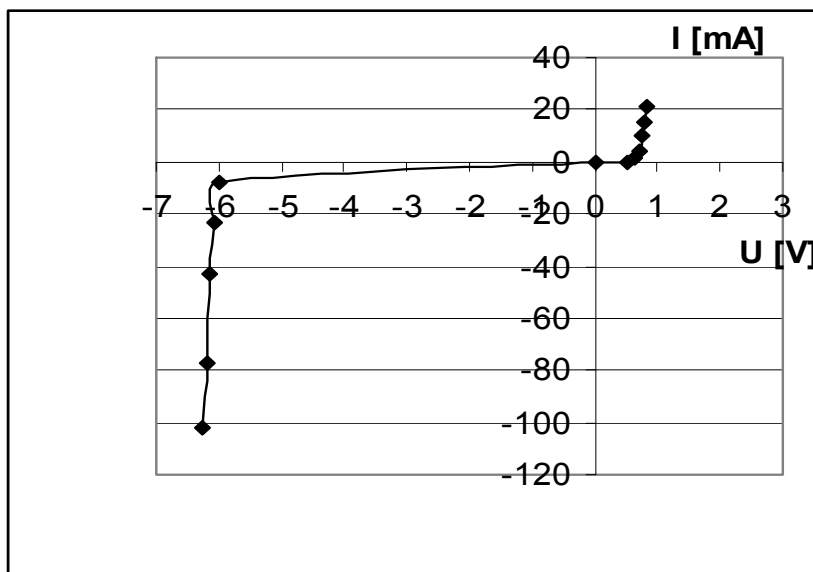
$$R_p^{dyn} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{2 - 1,82}{0,0195 - 0,0007} = 0,9264\Omega$$

## 8.8 Grafické znázornění

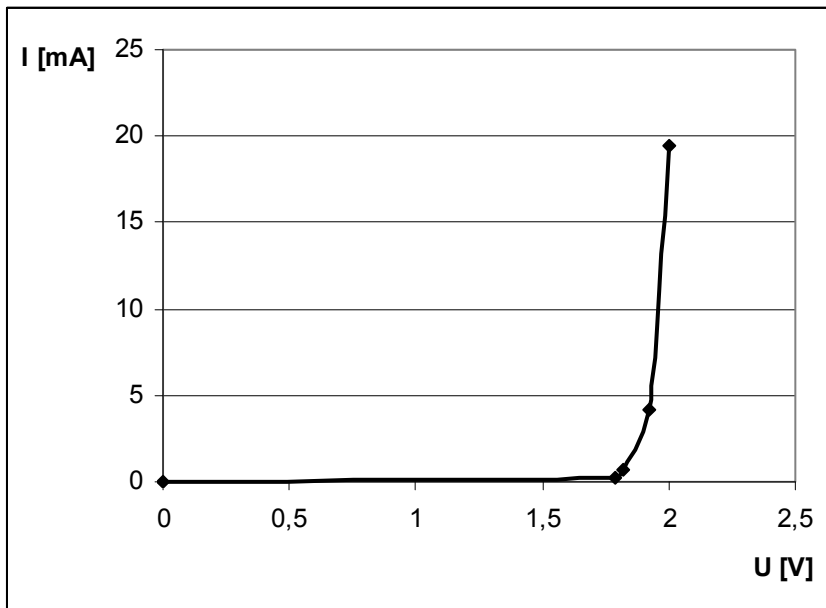
### 8.8.1 Klasická dioda



### 8.8.2 Zenerova dioda



### 8.8.3 LED dioda



### 8.9 Závěr

Měření voltampérových charakteristik je velmi jednoduché. Po vytvoření grafu jsme zjistili průběh voltampérových charakteristik diod. LED dioda se v propustném směru otevírá při větším napětí než klasická dioda nebo Zenerova dioda. V závěrné části má Zenerova dioda značný vnitřní odpor charakterizovaný nepatrným závěrným proudem. Po překročení Zenerova napětí prudce klesá vnitřní odpor a roste proud.

## 9. Úloha č. 9: Měření usměrňovače

Úkol:

1. Změřte jednocestný usměrňovač s odporovou zátěží:

- bez sběracího kondenzátoru

- se sběracím kondenzátorem

vždy takto:

- pomocí osciloskopu zobrazte časové průběhy napětí na vstupu a výstupu usměrňovače.

- změřte zatěžovací charakteristiku  $U_0 = f(I_0)$  pro různé hodnoty  $R_z$ . Vyneste do grafu.

2. Změřte dvoucestný usměrňovač s odporovou zátěží podobně jako jednocestný usměrňovač.

### 9.1 Teoretický úvod

Usměrňovač slouží k přeměně střídavého elektrického proudu na proud stejnosměrný.

Usměrňovače známe jednofázové (jednocestné, dvoucestné) a třífázové.

### 9.2 Popis metody měření

Jednocestný usměrňovač propouští pouze jednu půlvlnu vstupního napětí. Má tudíž pouze poloviční účinnost a používá se především u zařízeních s velmi nízkým odběrem proudu.

Dvoucestný usměrňovač propouští obě půlvlny vstupního napětí. Pokud je usměrňovač připojen na transformátor s dvojitým sekundárním vinutím, je možné jej realizovat pomocí dvou diod. Nejpoužívanějším typem dvoucestného usměrňovače je Graetzův můstek.

### 9.3 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů

Pořadí	Název	Typ	Rozsah
1.	Power Board	5125	
2.	Dvoukanálový osciloskop	Hameg	

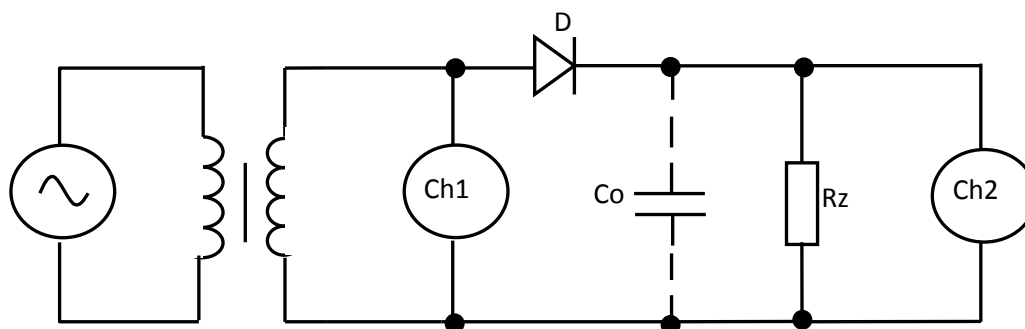
### 9.4 Postup měření

Při měření budeme postupovat podle zadání. Změříme jednocestný usměrňovač bez připojeného vyhlazovacího kondenzátoru a s připojeným vyhlazovacím kondenzátorem.

Dále totéž provedeme pro dvoucestný usměrňovač.

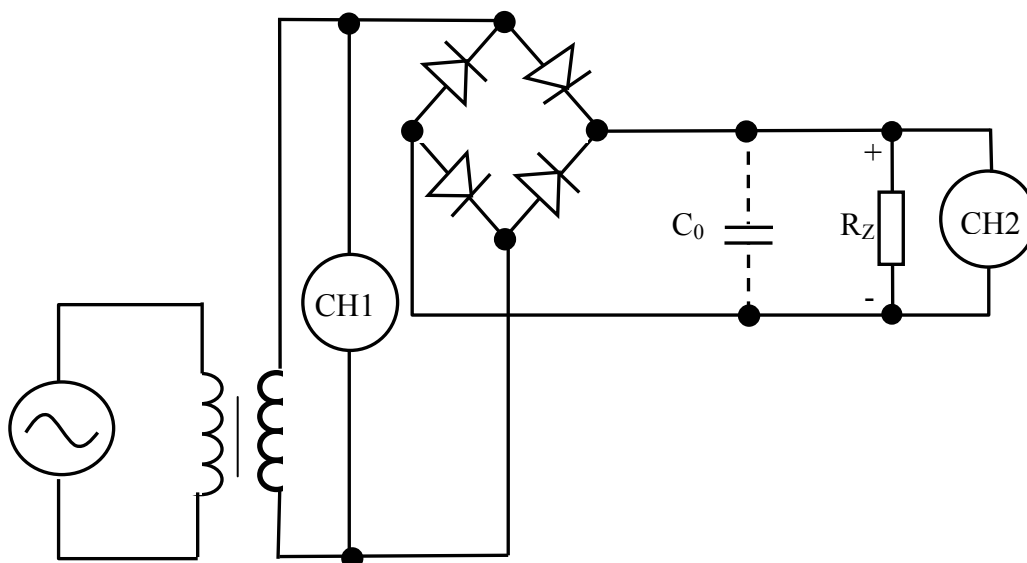
### 9.5 Schéma zapojení

#### 9.5.1 Jednocestný usměrňovač





## 9.5.2 Dvoucestný usměrňovač



## 9.6 Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

### 9.6.1 Naměřené hodnoty pro jednocestný usměrňovač s odporovou zátěží bez $C_0$

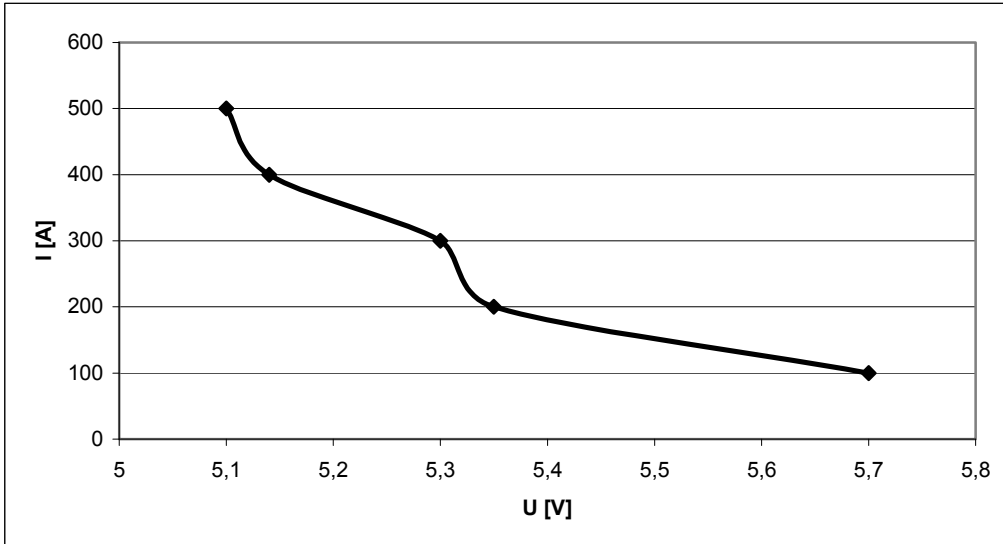
č. m.	$I$ [mA]	$U$ [V]
1	100	5,7
2	200	5,35
3	300	5,3
4	400	5,14
5	500	5,1

### 9.6.2 Naměřené hodnoty pro jednocestný usměrňovač s odporovou zátěží s $C_0$

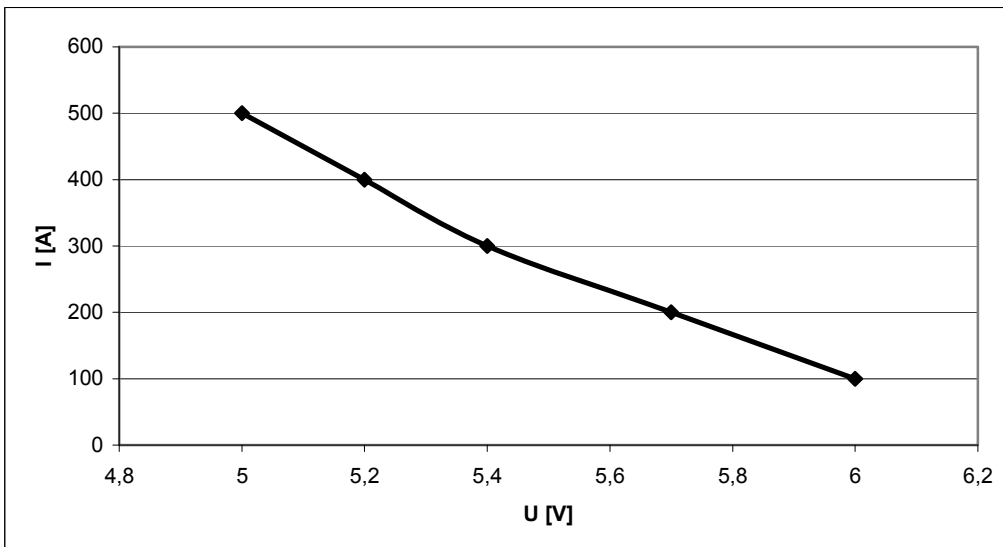
č. m.	$I$ [mA]	$U$ [V]
1	100	6
2	200	5,7
3	300	5,4
4	400	5,2
5	500	5

## 9.7 Grafické znázornění

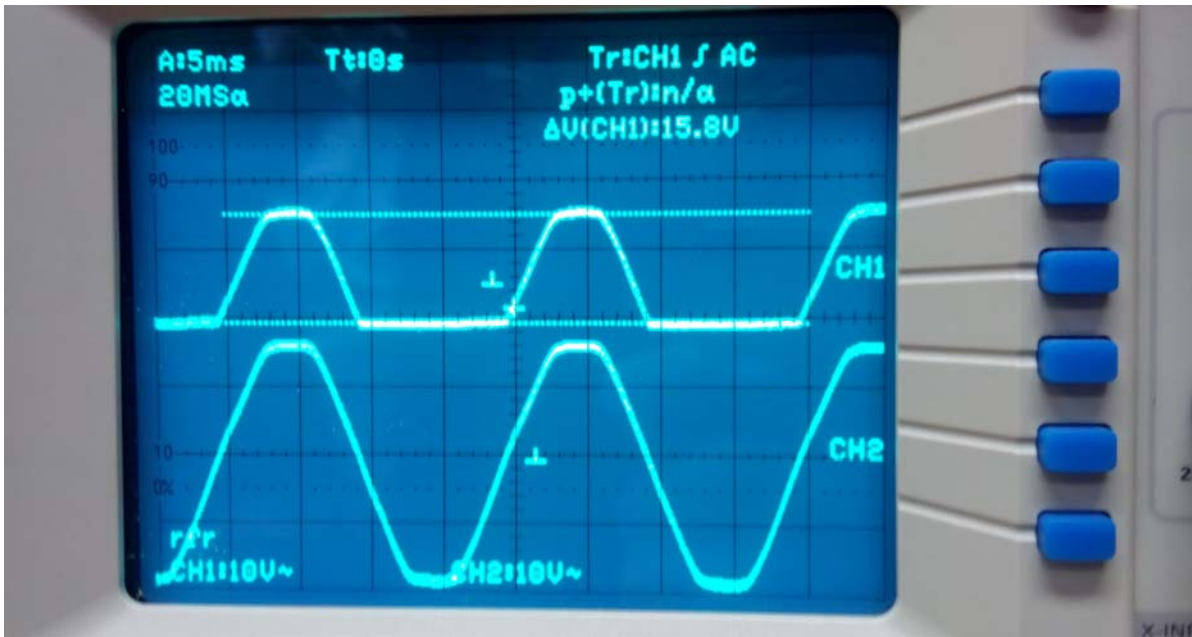
### 9.7.1 Graf pro jednocestný usměrňovač s odporovou zátěží bez $C_0$



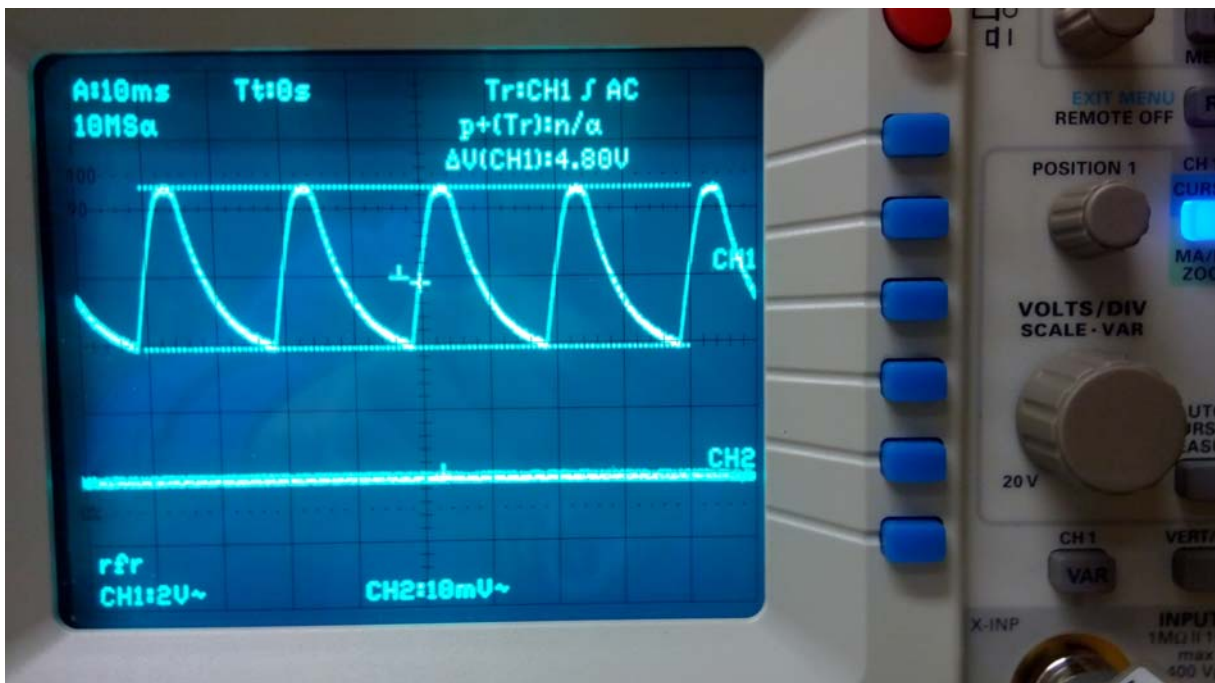
### 9.7.2 Graf pro jednocestný usměrňovač s odporovou zátěží s $C_0$



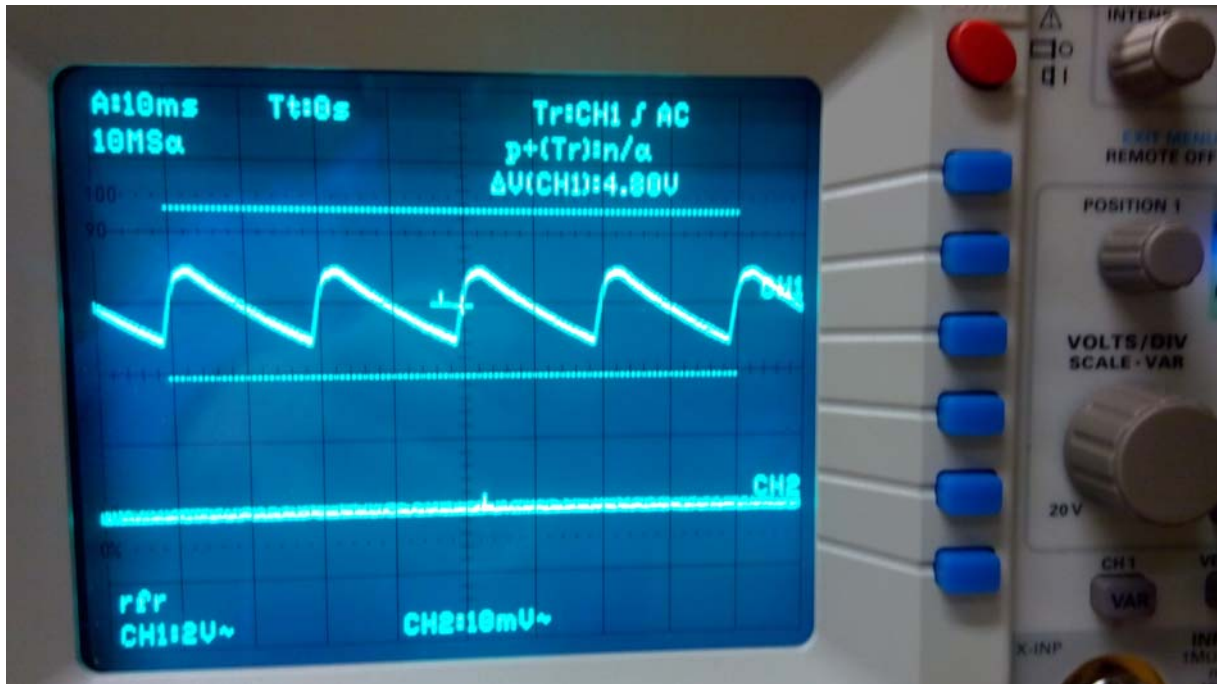
### 9.7.3 Časový průběh napětí před a po usměrnění jednocestným usměrňovačem bez vyhlazovacího kondenzátoru



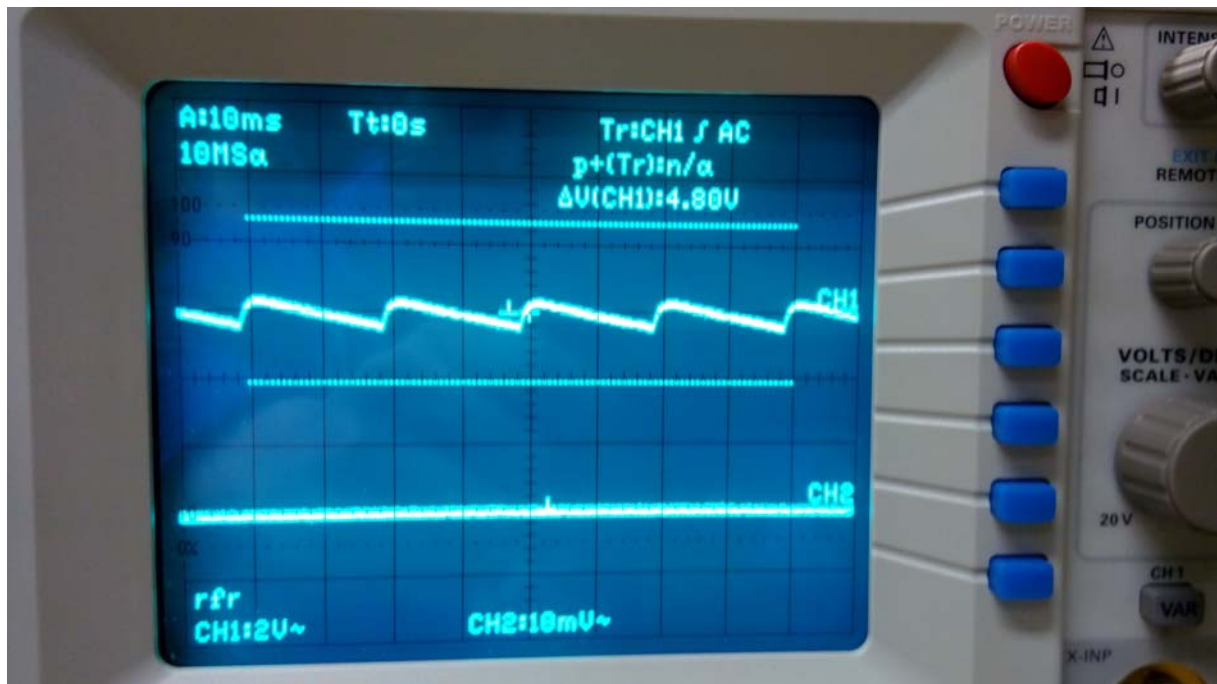
### 9.7.4 Časový průběh napětí po usměrnění jednocestným usměrňovačem s vyhlazovacím kondenzátorem $C_1=0,5\mu\text{F}$



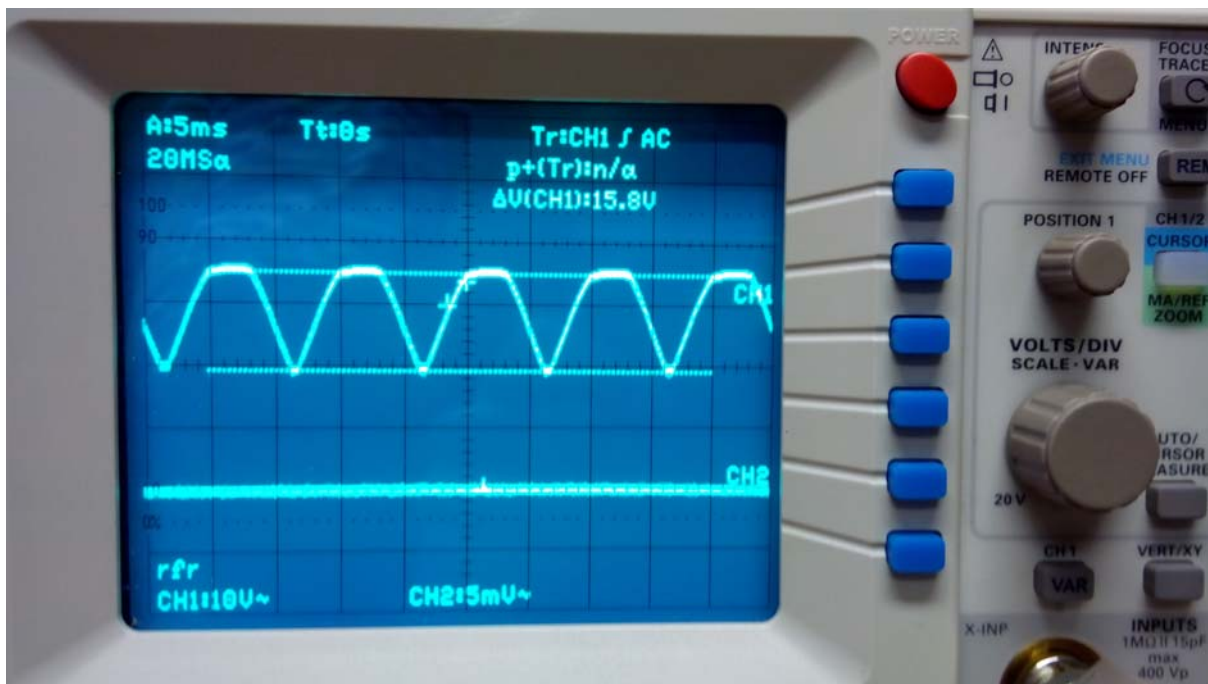
9.7.5 Časový průběh napětí po usměrnění jednocestným usměrňovačem s vyhlazovacím kondenzátorem  $C_2=1\mu\text{F}$



9.7.6 Časový průběh napětí po usměrnění jednocestným usměrňovačem s vyhlazovacím kondenzátorem  $C_3=2\mu\text{F}$



### 9.7.7 Časový průběh po usměrnění Grätzovým můstkem



### 9.8 Závěr

Při usměrnění diodou se nám záporná půlvlna neprojde, za diodou je poté tedy pouze poloviční výkon. Grätzův můstek (dvoucestný usměřňovač) nám zápornou půlvlnu obrátí a udělá z ní kladnou, výkon za můstkem je tedy stejný jako před ním, proto je to lepší řešení.

## 10. Úloha č. 10: Měření na stabilizátoru se Zenerovou diodou

Úkol:

1. Navrhněte hodnotu odporu pro stabilizátor se ZD
2. Zapojte stabilizátor
3. Změřte převodní charakteristiku  $U_2=f(U_1)$  pro  $U_1=0$  až  $2U_Z$  při  $I_2=0$ . Vyneste do grafu.
4. Určete pracovní oblast, v níž obvod stabilizuje (pro jaké rozmezí  $U_1$ ). V pracovní oblasti určete činitel napětě'ové stabilizace  $S_U=(\Delta U_1/U_1)/(\Delta U_2/U_2)$ .
5. Zapojte na výstup proměnný zatěžovací odpor  $R_z$
6. 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.
7. Určete pracovní oblast, v níž obvod stabilizuje (pro jaké rozmezí  $I_2$ ). V pracovní oblasti určete vnitřní odpor stabilizátoru  $r_i=\Delta U_2/\Delta I_2$ .

### 10.1 Teoretický úvod

Stabilizátor – je obvod, který udrží stejnosměrnou (i střídavou) hodnotu napětí (proudu) na stálé hodnotě.

Zenerova dioda – pracovní oblast leží v oblasti elektrického nedestruktivního průrazu, kdy se při velkých změnách  $I$  mění hodnota  $U_z$  jen velmi málo.

### 10.2 Popis metody měření

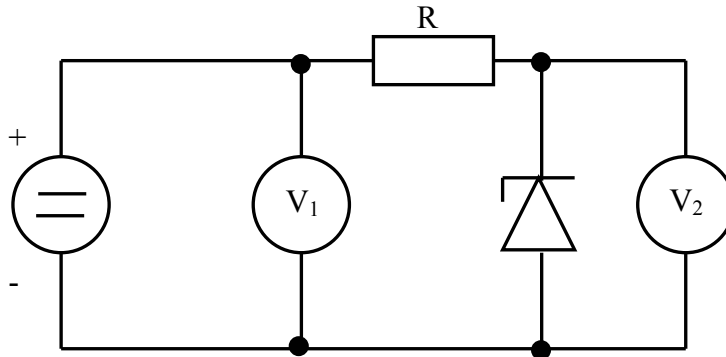
Zapojení volíme dle předpokládaných stavů – měření převodní charakteristiky nebo měření zatěžovací charakteristiky.

### 10.3 Tabulka použitých měřicích přístrojů a zdrojů

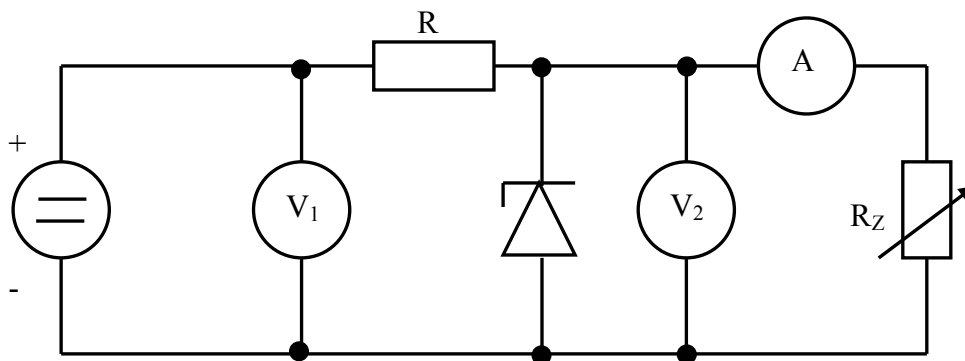
Výrobce	Typ	Rozsah
Statron	Zdroj	0-40V
Tesla	Zenerova dioda	6,2V
Mastech	M3900	0-200mA
Mastech	M3900	0-200V
Mastech	M3900	0-200V
Metra Blansko	Odporový můstek	0 - 100000Ω

## 10.4 Schémata zapojení

### 10.4.1 Schéma zapojení stabilizátoru bez zatížení



### 10.4.2 Schéma zapojení stabilizátoru bez zatížení



## 10.5 Postup měření

Při měření budeme postupovat dle zadaných bodů. Nejdříve z katalogu zjistíme parametry měřené Zenerovy diody. Poté vypočteme hodnotu  $R$  ( $R = \frac{U_Z}{\frac{I_Z}{2}}$ ) pro stabilizátor.

Dále naměříme převodní charakteristiku a vyneseme do grafu. Určíme pracovní bod P a vypočteme činitel napět'ové stabilizace pomocí vzorce  $S_u = (\Delta U_1 / U_1) / (\Delta U_2 / U_2)$ . Poté připojíme na výstup  $R_Z$  a ampérmetr a změříme zatěžovací charakteristiku. Použitá Zenerova dioda je KZ 721.

## 10.6 Tabulky naměřených hodnot

### 10.6.1 Základní katalogové parametry

$I_{zmax}$ [mA]	$U_z$ [V]	$R$ [ $\Omega$ ]
18	6,2	344

### 10.6.2 Hodnoty pro převodní charakteristiku

č. m.	$U_1$ (V)	$U_2$ (V)
1	2	1,535
2	4	3,107
3	6	4,65
4	8	6,11
5	10	6,18
6	12	6,2

### 10.6.3 Hodnoty pro zatěžovací charakteristiku

č. m.	$U_1$ (V)	$U_2$ (V)	$I$ (mA)
1	12	6,25	0
2	12	6,2	5
3	12	6,17	10
4	12	6,11	15
5	12	6	17
6	12	5,8	17,76
7	12	5,6	18,26

## 10.7 Výpočet parametrů stabilizátoru

$$R = \frac{U_z}{\frac{I_z}{2}} = \frac{6,2}{0,018} = 344 \Omega$$

Výpočet činitele napěťové stabilizace:

$$\Delta U_1 = 5 V, \quad \Delta U_2 = 2,4 V, \quad U_1 = 7,5 V, \quad U_2 = 5,73 V$$

$$S_U = \frac{\frac{\Delta U_1}{U_1}}{\frac{\Delta U_2}{U_2}} = \frac{\frac{5}{7,5}}{\frac{2,4}{5,73}} = 1,59$$

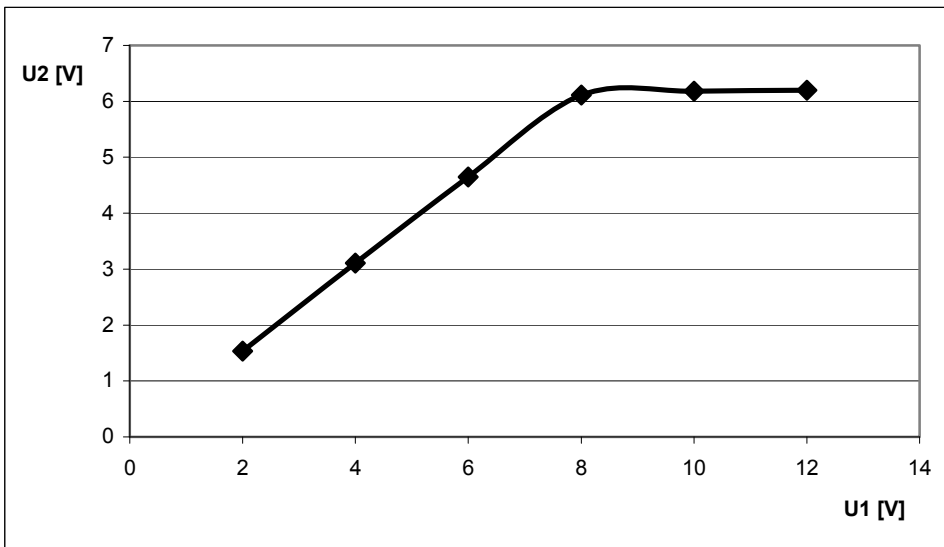
Výpočet vnitřního odporu stabilizátoru:

$$r_i = \frac{\Delta U_2}{\Delta I_2} = \frac{0,2}{0,0165} = 12,12 \Omega$$

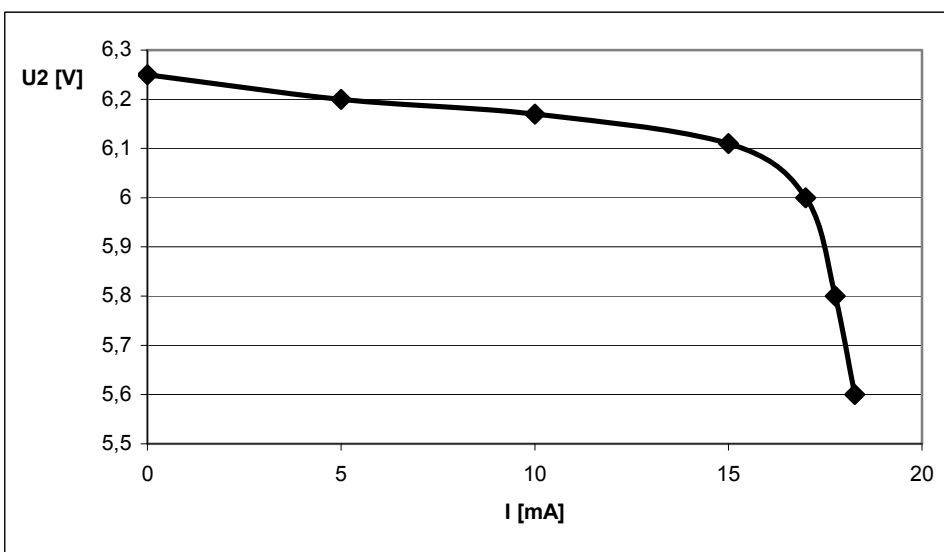


## 10.8 Grafické znázornění

### 10.8.1 Převodní charakteristika



### 10.8.2 Zatěžovací charakteristika



## 10.9 Závěr

Pracovní oblast v níž obvod stabilizuje je od  $U_1=5V$  do napětí 10V. Činitel napěťové stabilizace  $S_U$  je 1,59.

Ze zatěžovací charakteristiky je dále patrné, že pracovní oblast v níž obvod stabilizuje je od 0A do 16,5mA.

Vnitřní odpor stabilizátoru  $r_i$  je 12,12 $\Omega$ .

## **Použitá literatura**

Antonín Blahovec, Elektrotechnika I, Informatorium, 2005, ISBN: 978-80-7333-043-9, EAN: 9788073330439

Elektrotechnická měření, BEN-Technická literatura, 2002, ISBN:978-80-7300-0, EAN: 9788073000226