

**Materiály pro elektrotechniku**

Laboratorní cvičení č. 1

**TEPELNÉ ÚČINKY EL. PROUDU**

**Jméno(a):** Mikulka Roman, Havlíček Jiří

**Stanoviště:** 6

**Datum:** 19. 3. 2008

## Úvod

Elektrická práce, kterou vykoná stejnosměrný proud mezi dvěma místy v elektrickém obvodu za určitou dobu, je rovna práci nutné na přenesení elektrického náboje  $Q$  za tuto dobu  $t$ . Při konstantním proudu procházejícím obvodem platí  $W_e = Q \cdot t = U \cdot I \cdot t$ .

Elektrický proud, který obvodem prochází, je vlastně vyvolán pohybem elektrických nábojů konajících práci. V kovech jsou nosičem tohoto náboje volné elektrony. Díky interakci (srážkám) elektronů s mřížkou dochází k přeměně jejich kinetické energie na teplo, čímž se zvýší teplota materiálu. Toto teplo, označované jako Joulovo, je rovno energii elektrického proudu procházejícího vodičem. Vztah mezi Joulovým teplem  $Q_j$ , proudem  $I$  a odporem vodiče  $R$  se nazývá Joule-Lenzův

zákon  $Q_j = U \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t = P \cdot t$ . Pro ztrátový výkon na vodiči nebo na rezistoru tedy

platí (při uvažování konstantního proudu):  $P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = R \cdot I^2$

Teplotní závislost elektrického odporu kovů lze v úzkém rozmezí teplot popsat vztahem:

$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

kde  $R$  - odpor za teploty  $T$

$R_0$  - odpor za teploty  $T_0$

$\alpha$  - teplotní součinitel elektrického odporu daného kovu [ $K^{-1}$ ]

## Úkol

### 1. Změřte závislost teploty rezistoru na velikosti ztrátového výkonu.

Mezi jednotlivými měřeními nechte určitý časový interval (alespoň 1 minutu), aby se teplota stihla ustálit.

Dále určete maximální pracovní teplotu rezistoru  $T_{max}$ , když víte, že rezistor je možno provozovat při jmenovitém zatížení do teploty okolí  $T_a = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ . Hodnota jmenovitého zatížení použitého rezistoru je 2 W.

Nakonec určete koeficient teplotního odporu rezistoru  $R_{THCA}$  [ $^\circ\text{C}/\text{W}$ ], který udává o kolik se zvýší teplota rezistoru při určitém zvýšení výkonu. Platí následující vztahy:

$$\Delta T_{REZ} = R_{THCA} \cdot \Delta P \qquad T_{REZ} = \Delta T_{REZ} + T_A$$

Kde:  $\Delta T_{REZ}$  – oteplení rezistoru [ $^\circ\text{C}$ ]

$T_{REZ}$  – teplota rezistoru [ $^\circ\text{C}$ ]

$T_A$  – teplota okolí [ $^\circ\text{C}$ ]

$P_{REZ}$  – výkon měřený na rezistoru [W]

$R_{THCA}$  - koeficient teplotního odporu (koeficient přestupu tepla) [ $^\circ\text{C}/\text{W}$ ],

Vypočtené hodnoty  $T_{max}$  a  $R_{THCA}$  zapište pod tabulku naměřených hodnot včetně postupu výpočtu!

Nápověda: Naměřenou charakteristiku  $T_{REZ} = f(P_{REZ})$  proložte přímkou a zobrazte si její rovnici, kterou využijete pro určení  $T_{max}$  i  $R_{THCA}$ .

2. **Změřte V-A charakteristiku 12V žárovky.**

Z naměřených hodnot vytvořte graf V-A charakteristiky a v závěru vyhodnoťte její tvar. Mezi jednotlivými měřeními nechte určitý časový interval (alespoň 1 minutu), aby se teplota vlákna stihla dostatečně ustálit. Dále dopočtete odpor vlákna žárovky a výkon žárovky.

3. **Pro přesné určení hodnoty odporu vlákna žárovky při pokojové teplotě** proměřte podrobněji oblast napětí 0 až 1 V. Ze zjištěných hodnot odporů pak extrapolací (proložte naměřená data polynomem 2. řádu a nechte si zobrazit rovnici regrese) určete hodnotu odporu vlákna  $R_0$  při nulovém napětí a tedy při okolní pokojové teplotě.

4. **Změřte přechodový jev při zapnutí žárovky pomocí osciloskopu.**

Pro měření proudu procházejícího žárovkou se použije předřadný odpor, na němž budeme snímat vzniklý úbytek napětí. Osciloskop bude nastaven do režimu spouštění SINGLE (modré tlačítko Menu na osc.). Časová základna 50 ms/dílek. Napájecí napětí na zdroji nastavte na 12 V a zapněte zdroj. Dojde k zachycení děje. Průběh z osciloskopu sejměte pomocí programu FreeCapture v PC. Osu Y přepočtete na napětí a následně na proud a vytvořte graf  $I_z = f(t)$ . Přepočet logovaných hodnot na napětí je dle vztahu:  $U[V] = \text{VOLT/DIV} * 10 * \text{hodnota\_vzorku} / 255$ .

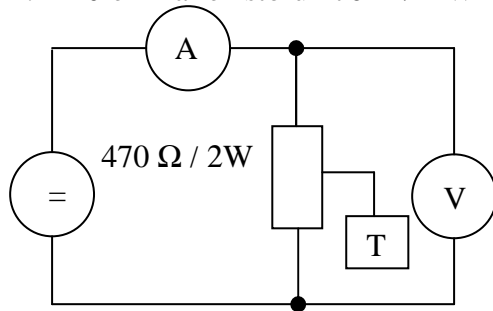
5. **Určete teplotu vlákna žárovky při jmenovitém napájecím napětí 12 V.**

Teplotu vlákna žárovky  $T_z$  vypočtete pomocí hodnoty odporu vlákna za studena a za tepla (při jmenovitém napájecím napětí 12 V) a pomocí známého teplotního součinitele el. odporu wolframu. Vypočtenou hodnotu teploty porovnejte s teplotou tání wolframu (cca 3422 °C).

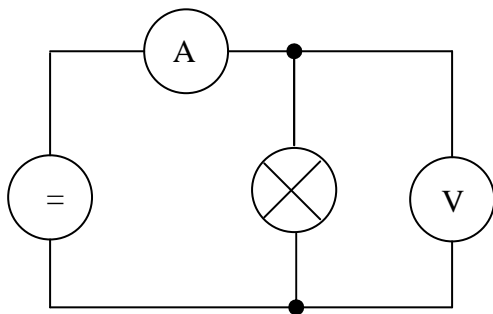
Teplotní součinitel el. odporu wolframu :  $\alpha = 4,8 \cdot 10^{-3} K^{-1}$

## Zapojení pracoviště

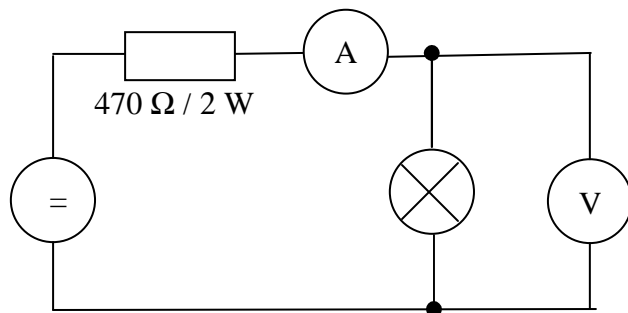
1. Měření na rezistoru  $470 \Omega / 2 \text{ W}$



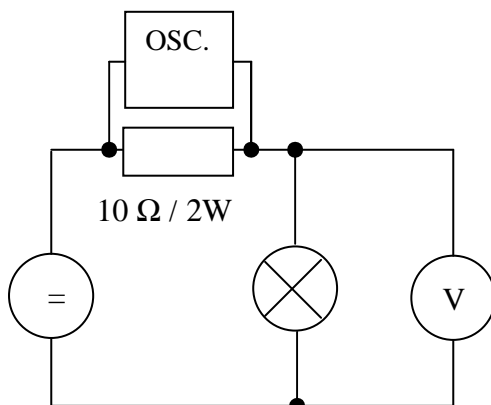
2. V-A char. žárovky  $12 \text{ V} / 10 \text{ W}$



3. Důkladnější proměření začátku V-A char. žárovky



4. Měření přechodového děje na žárovce



## Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

### 1. Měření na rezistoru 470 Ω / 2 W

<b>U<sub>REZ</sub> [V]</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
<b>I<sub>REZ</sub> [mA]</b>	0	4,3	8,6	12,9	17,3	21,6	26	30,4
<b>T<sub>REZ</sub> [°C]</b>	22	22,5	23	25	27	30	34	38
<b>P<sub>REZ</sub> [W]</b>	0,0000	0,0085	0,0340	0,0766	0,1362	0,2128	0,3064	0,4170
<b>U<sub>REZ</sub> [V]</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>30</b>
<b>I<sub>REZ</sub> [mA]</b>	34,8	39,2	44	48,5	53,1	57,8	62,5	67,2
<b>T<sub>REZ</sub> [°C]</b>	44	51	59	68	79	85	96	107
<b>P<sub>REZ</sub> [W]</b>	0,5447	0,6894	0,8511	1,0298	1,2255	1,4383	1,6681	1,9149

Z grafu:  $\Delta T_{REZ} = 45,022 * \Delta P_{REZ} + 20,961 \rightarrow R_{THCA} = 45,022^{\circ}C / W$

$$T_{max} = R_{THCA} * \Delta P_{REZ} + T_A = 45,022 * 2 + 75 = 165,044^{\circ}C$$

### 2. V-A char. žárovky 12 V / 10 W

<b>U<sub>ž</sub> [V]</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
<b>I<sub>ž</sub> [A]</b>	0,00	0,18	0,24	0,30	0,35	0,44	0,52	0,59	0,66
<b>R<sub>ž</sub> [Ω]</b>	1,77	5,56	8,33	10,00	11,43	13,64	15,38	16,95	18,18
<b>P<sub>ž</sub> [W]</b>	0,00	0,18	0,48	0,90	1,40	2,64	4,16	5,90	7,92

### 3. Důkladnější proměření začátku V-A char. žárovky a určení odporu R<sub>0</sub>

<b>U<sub>ž</sub> [V]</b>	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>
<b>I<sub>ž</sub> [mA]</b>	28,20	55,00	97,80	124,80	142,50	154,20
<b>R<sub>ž</sub> [Ω]</b>	1,7730	1,8182	2,0450	2,4038	2,8070	3,2425
<b>P<sub>ž</sub> [W]</b>	0,0014	0,0055	0,0196	0,0374	0,0570	0,0771

Zjištěná hodnota odporu R<sub>0</sub> z extrapolace při pokojové teplotě je (uveďte i její výpočet):

$$R_{\dot{z}} = 50,035 * P_{\dot{z}}^2 + 15,751 * P_{\dot{z}} + 1,7366$$

$$R_{0(P_{\dot{z}}=0)} = 50,035 * 0^2 + 15,751 * 0 + 1,7366 = 1,7366\Omega$$

### 5. Zde uveďte výpočet teploty vlákna při jmenovitém napájecím napětí 12V

$$R = R_0 * (1 + \alpha * \Delta t)$$

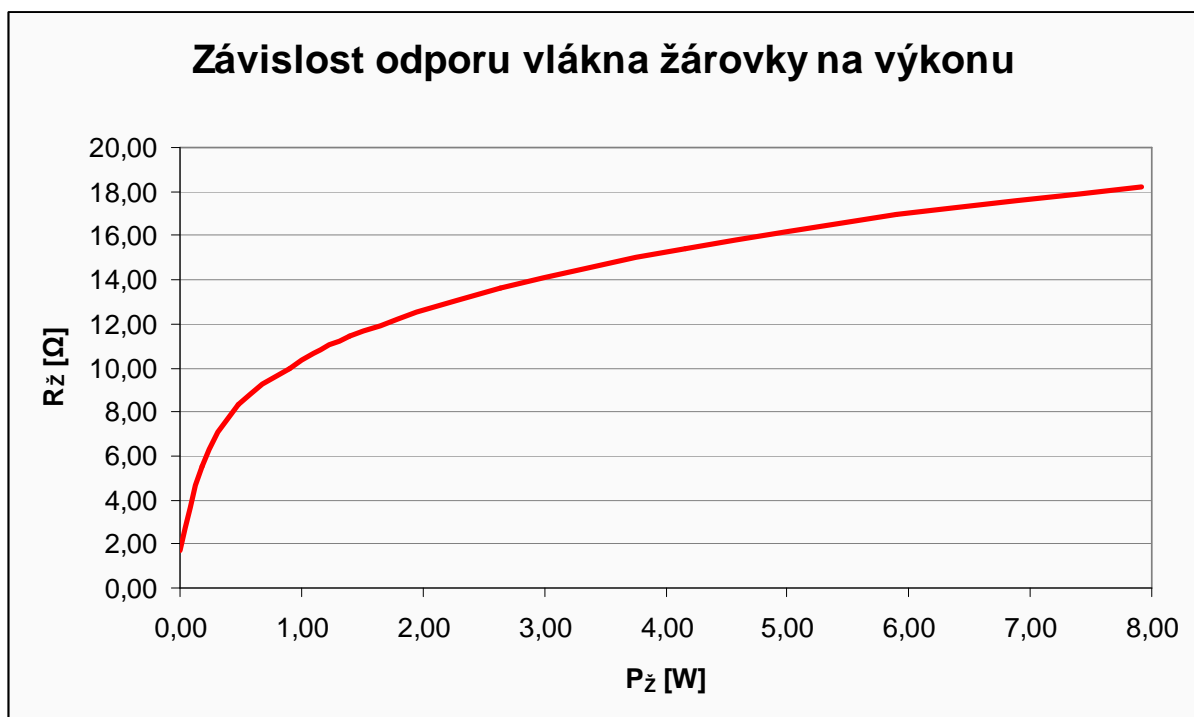
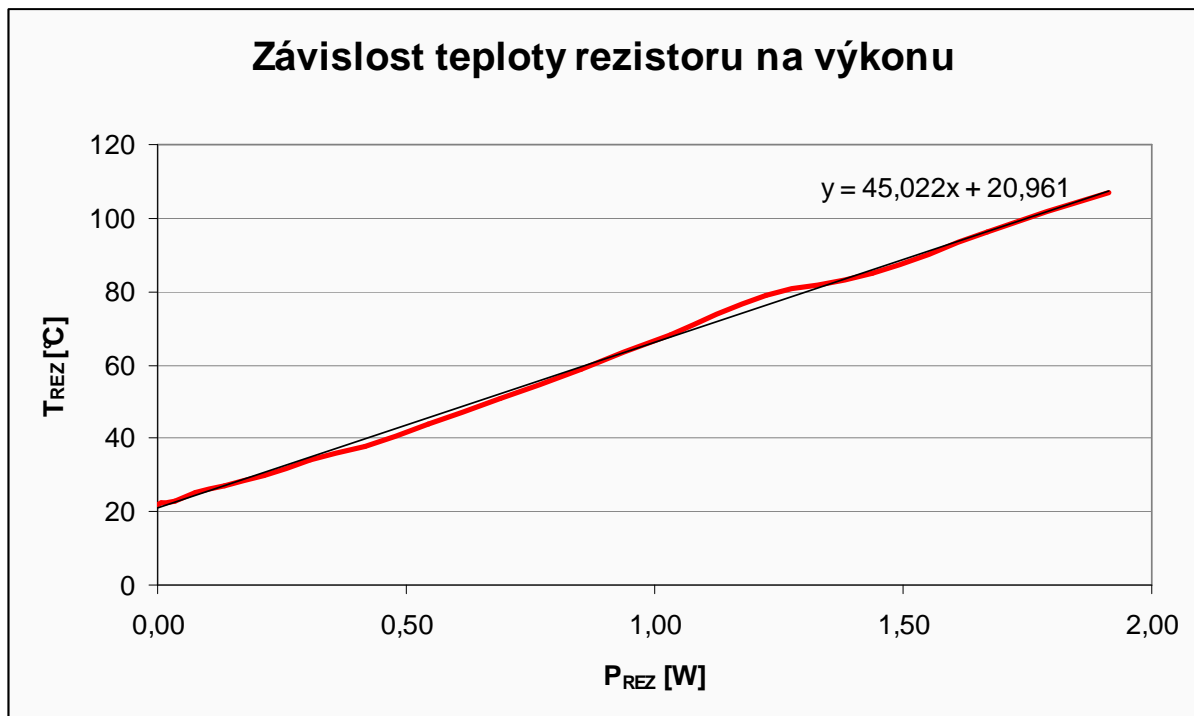
$$R = R_0 + R_0 * \alpha * \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{R - R_0}{R_0 * \alpha}$$

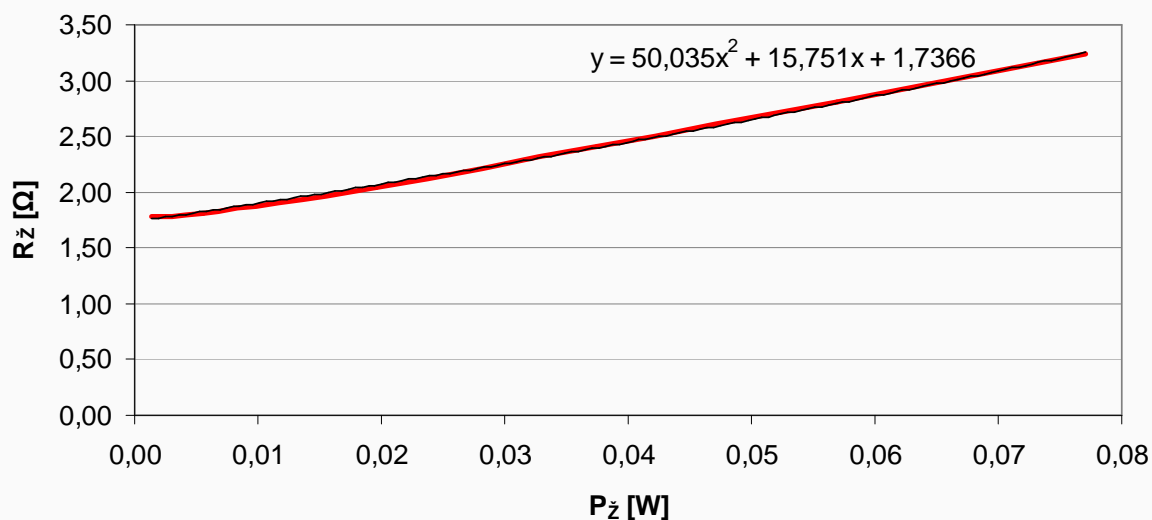
$$T_{\dot{z}} = \frac{R - R_0}{R_0 * \alpha} + 20$$

$$T_{\dot{z}} = \frac{18,18 - 1,7366}{1,7366 * 4,8 \cdot 10^{-3}} + 20 = 1992^{\circ}C$$

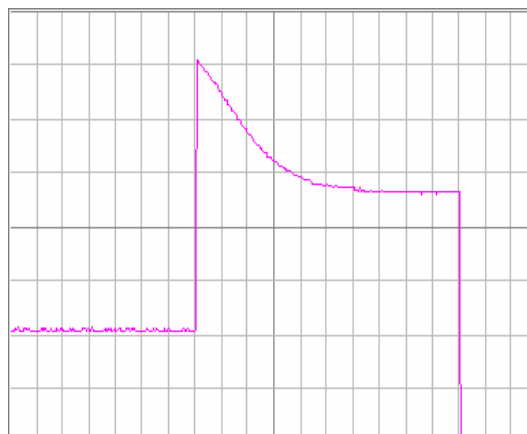
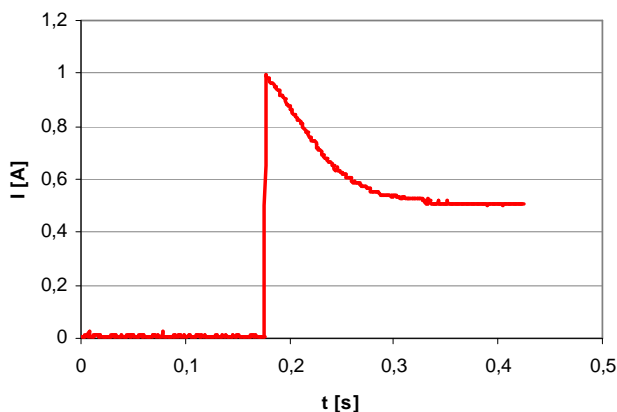
## Grafy



## Závislost odporu vlákna žárovky na výkonu (na začátku charakteristiky)



### Přechodový jev při zapnutí žárovky



## Závěr

Měřením jsme zjistili, že závislost teploty rezistoru na výkonu je lineární. V dalším měření potom, že odpor vlákna žárovky roste s výkonem zpočátku velmi strmě a postupně se ustaluje. Třetím měřením, kdy jsme podrobně zkoumali odpor vlákna žárovky v závislosti na výkonu na začátku charakteristiky nám poté rovnice regrese prozradila že se jedná o část paraboly. U měření přechodového jevu při zapnutí žárovky byly drobné komplikace s nastavením osciloskopu a posléze i se sestavením grafu, proto ještě přidáváme screenshot obrazovky osciloskopu. Teplotu vlákna žárovky jsme spočítali na 1992°C, tudíž k tání wolframu nedorazíme, jelikož teplota je zhruba 2/3 teploty tání.