

Materiály pro elektrotechniku

Laboratorní cvičení č. 1

TEPELNÉ ÚČINKY EL. PROUDU

Jméno(a): Jiří Paar, Zdeněk Nepraš

Stanoviště: 6

Datum: 21. 5. 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

α - teplotní součinitel elektrického odporu daného kovu [K^{-1}]

Úkol

1. Změřte závislost teploty rezistoru na velikosti ztrátového výkonu.

Do grafu vynesete závislost teploty rezistoru na výkonu $T_{REZ} = f(P_{REZ})$. 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: ΔT_{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. **Do grafu vynesete závislost odporu vlákna žárovky na výkonu $R_z = f(P_z)$.**

3. **Pro přesné určení hodnoty odporu vlákna žárovky při pokojové teplotě** proměřte podrobněji oblast napětí 0 až 1 V. **Do grafu vynesete opět závislost $R_z = f(P_z)$.** 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. **Nezapomeňte si zaznamenat vzorkovací frekvenci, která je nutná pro vytvoření časové osy z uložených vzorků** (při časovce 50 ms je $F_s = 500$ vzorků/s). Osu Y přepočtete na napětí a následně na proud a **vytvořte graf $I_z = f(t)$** . Přepočet logovaných hodnot na napětí je dle vztahu: $U[V] = \text{VOLT/DIV} * 10 * \text{hodnota_vzorku} / 255$.

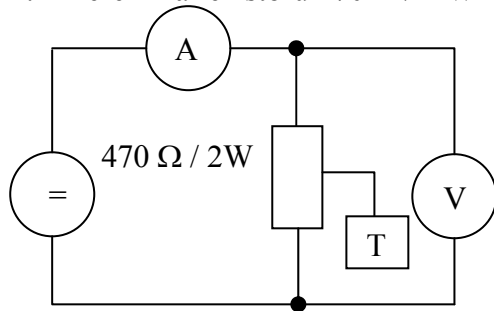
5. **Určete teplotu vlákna žárovky při jmenovitém napájecím napětí 12 V.**

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).

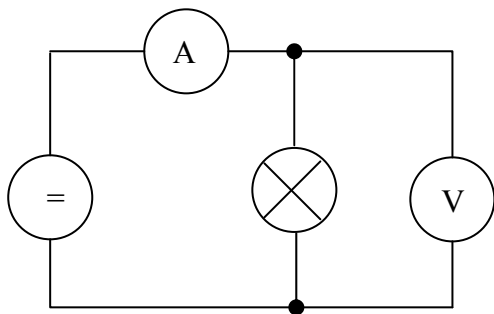
Teplotní součinitel el. odporu wolframu : $\alpha = 4,8 \cdot 10^{-3} K^{-1}$

Zapojení pracoviště

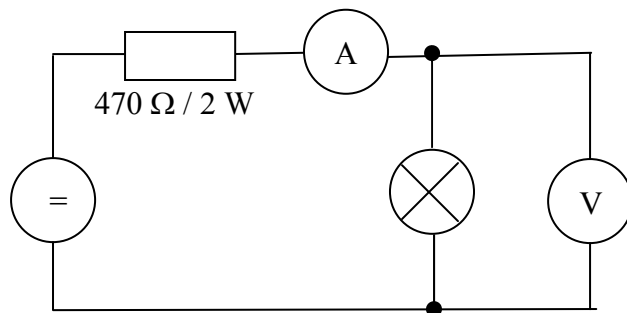
1. Měření na rezistoru $470 \Omega / 2 \text{ W}$



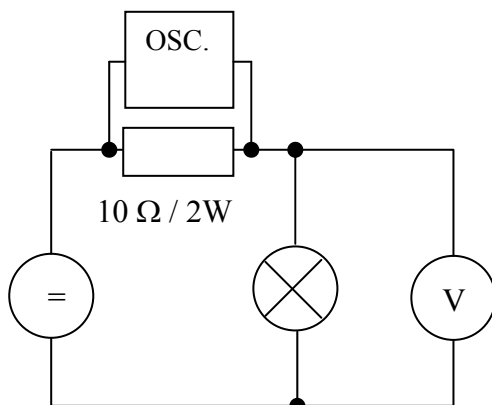
2. V-A char. žárovky $12 \text{ V} / 5 \text{ W}$



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

U_{REZ} [V]	0	2	4	6	8	10	12	14
I_{REZ} [mA]	0	4,4	8,8	13,0	17,	21,8	26,1	30,3
T_{REZ} [°C]	24	24	25	27	30	34	39	46
P_{REZ} [W]	0	0,0088	0,0357	0,0780	0,1392	0,2180	0,3132	0,4242
U_{REZ} [V]	16	18	20	22	24	26	28	30
I_{REZ} [mA]	34,7	39,0	43,4	47,7	51,8	56,0	60,2	64,5
T_{REZ} [°C]	53	62	70	80	91	102	115	127
P_{REZ} [W]	0,5552	0,7020	0,8680	1,0494	1,2432	1,4560	1,6856	1,9350

Zde uveďte vzorový postup výpočtu hodnot T_{max} a R_{THCA}!!

$$T_{REZ} = \Delta T_{REZ} + T_A$$

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

$$T_{REZ}(P_{REZ}) = 54,217 \cdot P_{REZ} + 23,017 \Rightarrow T_{Am} = 23,017^\circ\text{C} - \text{teplota okolí při měření}$$

$$T_0(P_{REZ}) = T_{REZ}(P_{REZ}) - T_{Am} = 54,217 \cdot P_{REZ} - \text{průběh teploty v závislosti na výkonu při teplotě okolí } 0^\circ\text{C}$$

$$T_{max} = T_0(2) + T_A = 54,217 \cdot 2 + 75 = 183,434^\circ\text{C}$$

$$R_{THCA} = \frac{\Delta T_{REZ}}{\Delta P} = \frac{54,217 \cdot 1,9250}{1,9250} = 54,217^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$$

2. V-A char. žárovky 12 V / 5 W

U_ž [V]	0	1	2	3	4	6	8	10	12
I_ž [A]	0	0,081	0,120	0,150	0,180	0,230	0,270	0,310	0,350
R_ž [Ω]	7,200 *	12,347	16,667	20,000	22,222	26,087	29,630	32,258	34,286
P_ž [W]	0	0,081	0,240	0,450	0,720	1,380	2,160	3,100	4,200

* hodnota zjištěná extrapolací z následujícího měření

3. Důkladnější proměření začátku V-A char. žárovky a určení odporu R₀

U_ž [V]	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
I_ž [mA]	7,0	13,6	26,3	37,0	45,0	50,2
R_ž [Ω]	7,143	7,353	7,605	8,108	8,889	9,960

Zjištěná hodnota odporu R₀ z extrapolace při pokojové teplotě je (uveďte i její výpočet):

$$R_z(P_z) = 1934,1 \cdot P_z^2 + 60,817 \cdot P_z + 7,1994$$

$$R_0 = R_z(0) = 7,1994$$

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

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

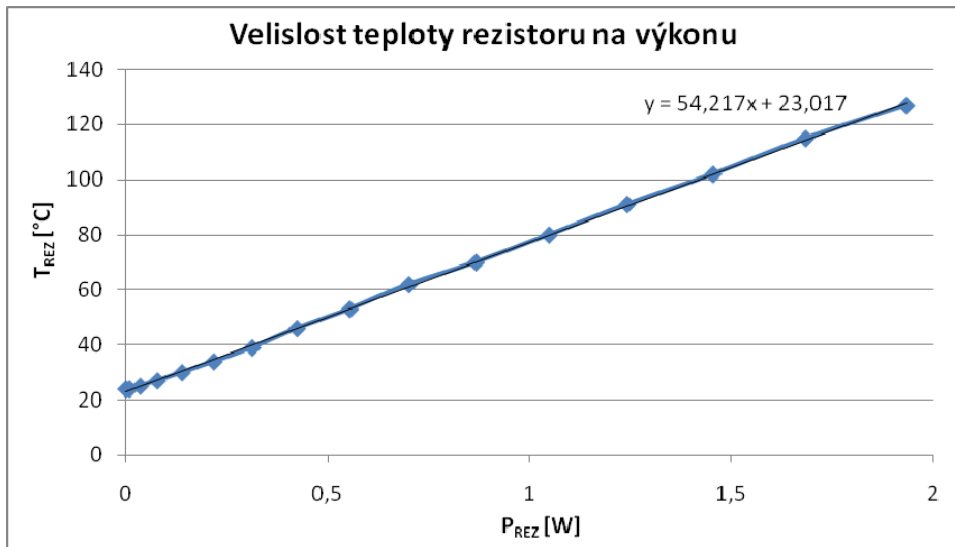
$$R = R_0 + R_0 \cdot \alpha \cdot T - R_0 \cdot \alpha \cdot T_0$$

$$R_0 \cdot \alpha \cdot T = R - R_0 + R_0 \cdot \alpha \cdot T_0$$

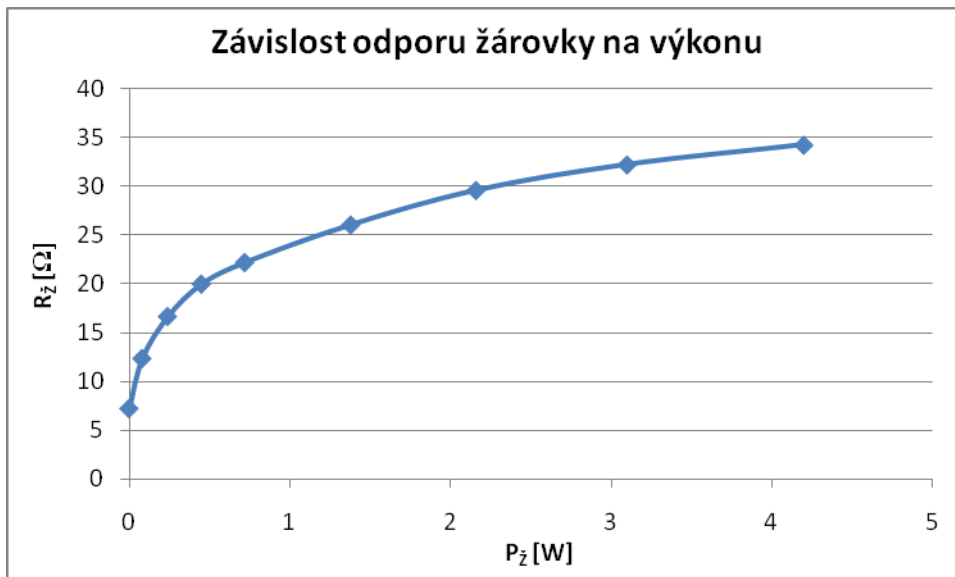
$$T = \frac{R - R_0 + R_0 \cdot \alpha \cdot T_0}{R_0 \cdot \alpha} = \frac{34,286 - 7,1994 + 7,1994 \cdot 4,8 \cdot 10^{-3} \cdot 300}{7,1994 \cdot 4,8 \cdot 10^{-3}} = 1083,82 K^{-1} = 810,82^\circ C$$

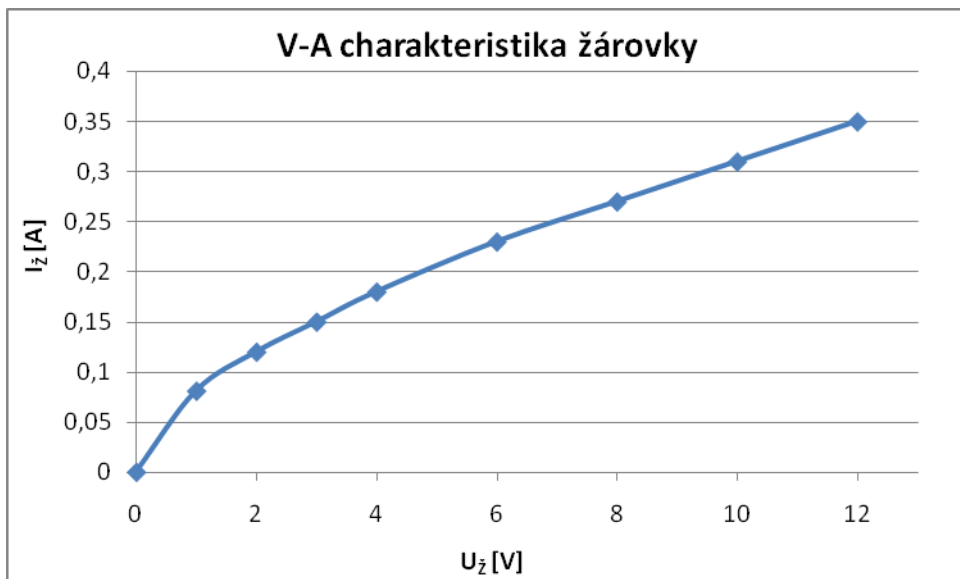
Grafy

1.

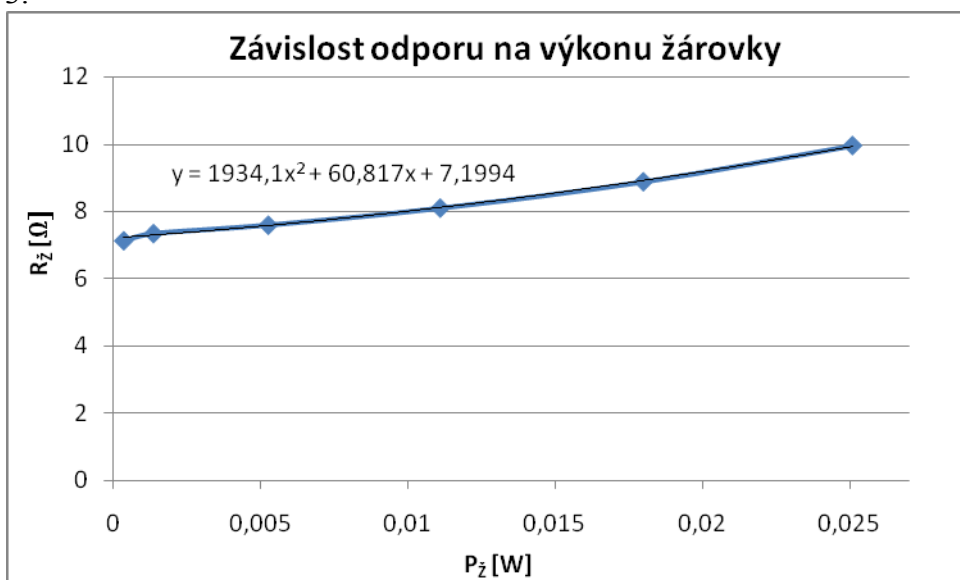


2.





3.



4.



Závěr

Z naměřených hodnot a z následně sestavených grafů je patrné, že závislost velikosti teploty použitého rezistoru na výkonu je lineární.

Z V-A charakteristiky žárovky je vidět, nárůst proudu je na začátku charakteristiky větší než ke konci. Na konci charakteristiky je průběh již lineární.

Ze závislosti odporu žárovky na výkonu je zřejmé, že na začátku charakteristiky je nárůst odporu mnohem větší, než je nárůst výkonu. Ke konci charakteristiky je nárůst odporu žárovky již menší, než je nárůst výkonu. Zároveň je vidět, že se zvětšujícím se výkonem se zvětšuje i odpor. Tato charakteristika má tedy tvar podobný logaritmické funkci.

Z přechodového děje žárovky je zřetelný nárůst proudu při zapnutí napájení a jeho následný pokles a ustálení na konstantní hodnotě. Tento jev lze vysvětlit tím, že odpor vlákna žárovky je za studena mnohem menší než za tepla. Při zapnutí je tedy proud maximální a následným ohřevem vlákna žárovky dochází ke zvětšování odporu a tím k poklesu proudu, pokud se odpor a tím i proud neustálí.

Pomocí vypočtených hodnot byl dosažen výsledek, že lze rezistor při 2W výkonu a okolní teplotě $T_a = 75^\circ\text{C}$ zahřát na teplotu $T_{\max} = 183,434^\circ\text{C}$.

Při výpočtu teploty vlákna žárovky při jmenovitém napětí 12V je tento výsledek roven $810,82^\circ\text{C}$. V porovnání s maximální teplotou wolframu (cca 3422°C), ze kterého je vlákno vyrobeno, je vypočtená teplota několikrát menší.