

# Tepelné Stroje

Jakub Kákona, kaklik@mlab.cz

2.11.2009

## Abstrakt

Zabývali jsme se schopností tepelného stroje přeměňovat teplo na práci. Pracovní plyn tepelného stroje po zahřátí zdvihal závaží, čímž konal mechanickou práci. Práci konanou plynem jsme měřili tlakovým a rotačním senzorem.

## 1 Pracovní úkoly

1. Zkalibrujte tlakoměr, zkontrolujte čidlo pro odečítání polohy pístu.
2. rozeberte nastíněný pracovní cyklus, popište jeho jednotlivé fáze v p - V diagramu.
3. Proveďte opakovaně popsany cyklus s různými závažími. Získejte pro každé měření plochu uzavřenou křivkami v p-V diagramu a spočítejte rozdíl potenciálních energií pro dané závaží. Vynášejte obě hodnoty do grafu, výsledné hodnoty proložte přímkou.  $W = a \cdot \Delta E + b$
4. Změřte hodnotu vnitřního odporu Peltierovy součástky.
5. Změřte účinnost Peltierova aparátu. Srovnajte s účinností Carnotova cyklu pro lázně stejných teplot. Opakujte několik měření pro různé teploty horké lázně. Vyneste hodnoty  $\varepsilon_{carnot}$ ,  $\varepsilon$  do grafu, kde na ose x bude teplota horké lázně.
6. Započítejte k účinnosti vnitřní odpor a výkon obcházející součástku. K energii rozptýlené na zátěžovém odporu je třeba přidat energii rozptýlenou na vnitřním odporu.

## 2 Úvod

Tepelný stroj je užitečné zařízení oblíbené hlavně kvůli svojí schopnosti převádět část tepelné energie na užitečnou práci. Účinnost takového stroje je dána vztahem.

$$W = Q_1 - Q_2 = Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad (1)$$

čímž je dána maximální teoretická účinnost tepelného stroje

$$\varepsilon_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (2)$$

V reálné situaci je tato účinnost menší z důvodu působení disipativních sil na různé části stroje, které způsobí, že část mechanické energie je přeměněna zpět na nepoužitelné teplo.

## 3 Postup měření

### 3.1 Měření účinnosti Peltierova článku

Aparaturu jsme zapojili podle zadání tak, aby bylo možné měřit elektrický příkon do zahřívacího odporu i výkon dodávaný do zátěže Peltierovým článkem.

Po uvedení přístrojů do provozu měření probíhalo tak, že jsme nastavili teplotu horké lázně a při odpojené zátěži počkali, až se ustálí. Následně jsme odečetli napětí, na Peltierově článku. A zátěž zapojili, teplotu horké lázně bylo nyní potřeba dorovnat na teplotu při odpojené zátěži, aby bylo možné určit vnitřní odpor měřeného článku a tepelný výkon, který neprochází přímo aktivní oblastí. Naměřená data jsou uvedena v tabulce 1 kde každý druhý řádek odpovídá připojené zátěži  $R = 2 \text{ Ohm}$ .

| $U_h[V]$ | %    | $I_h[A]$ | %    | $U_{sr} [mV]$ | $T_h[^\circ C]$ | $T_c[^\circ C]$ |
|----------|------|----------|------|---------------|-----------------|-----------------|
| 2,02     | 2,38 | 0,40     | 6,00 | 139,9         | 13              | 7               |
| 2,40     | 2,00 | 0,47     | 5,11 | 84,9          | 13              | 7               |
| 2,40     | 2,00 | 0,48     | 5,00 | 169,1         | 15              | 7,5             |
| 2,70     | 8,89 | 0,54     | 4,44 | 101,9         | 15              | 7,5             |
| 4,00     | 6,00 | 0,78     | 3,08 | 410           | 27              | 9               |
| 4,50     | 5,33 | 0,86     | 2,79 | 236           | 27              | 10              |
| 5,00     | 4,80 | 1,00     | 2,40 | 633           | 38              | 11              |
| 5,20     | 4,62 | 1,01     | 2,38 | 310           | 38              | 15              |
| 6,10     | 3,93 | 1,20     | 2,00 | 907           | 56              | 18              |
| 6,50     | 3,69 | 1,30     | 9,23 | 487           | 56              | 20              |

Tabulka 1: Hodnoty naměřené na Peltierově článku

Z těchto hodnot jsme pak podle zdroje [2] vypočetli jeho účinnost, která byla bez korekce pod jedním procentem. Jak je vidět na grafu 1. Hodnota vnitřního elektrického odporu Peltierovy součástky nám vyšla  $1,34 \text{ m}\Omega$ .

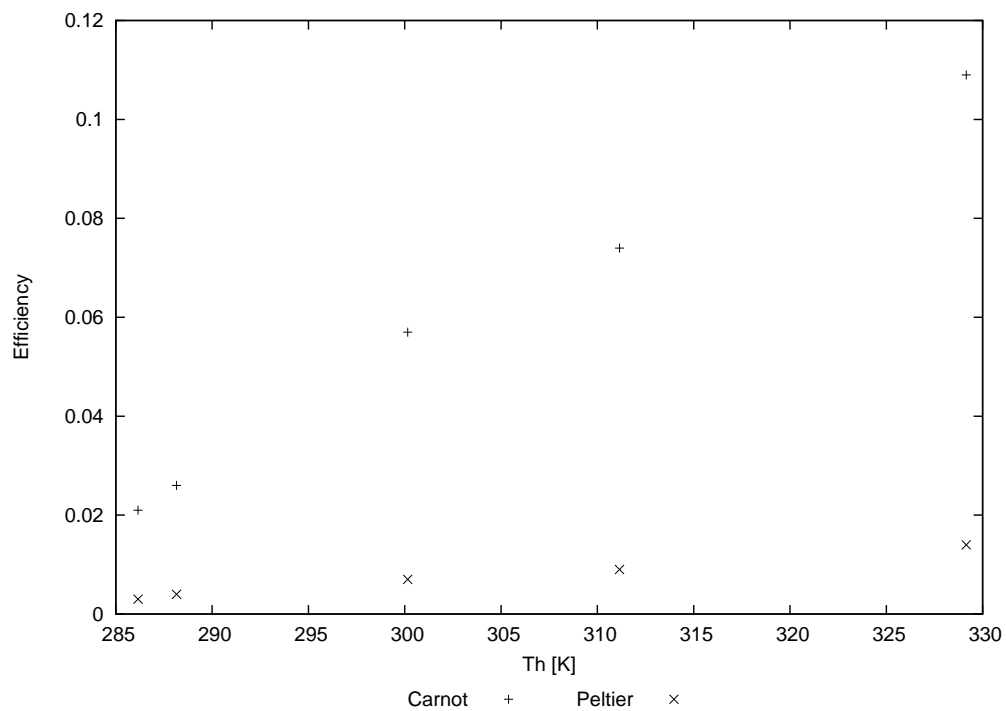
Při aplikování korekce na vnitřní odpor a tepelné ztráty (opět podle zdroje [2]) se účinnost dostala přibližně na 4,55%.

### 3.2 Carnotův Cyklus

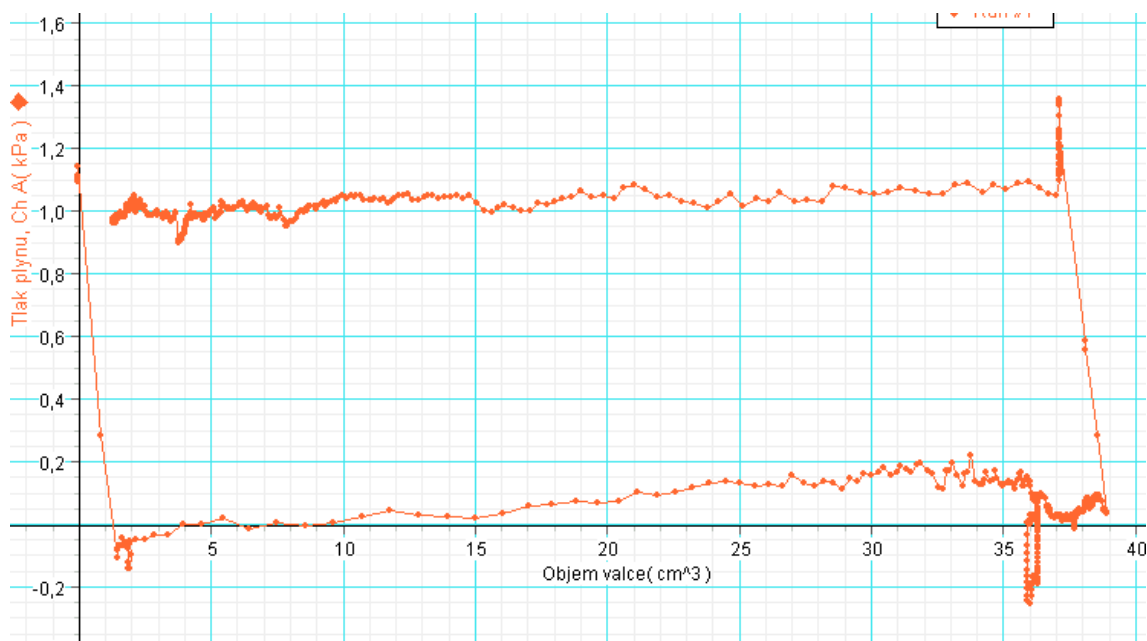
Po kalibraci tlakoměru závažím hmotnosti (100g)

Jsme píst tepelného stroje zatěžovali závažím o definované hmotnosti a ze změny jeho potenciální energie v průběhu pracovního cyklu viz. obrázek 2 jsme určili práci, kterou stroj vykonal. energii v Carnotova cyklu jsme získali výpočtem z uzavřené plochy p-V diagramu V programu DataStudio. Náš naměřený výsledek je vidět v grafu 3.

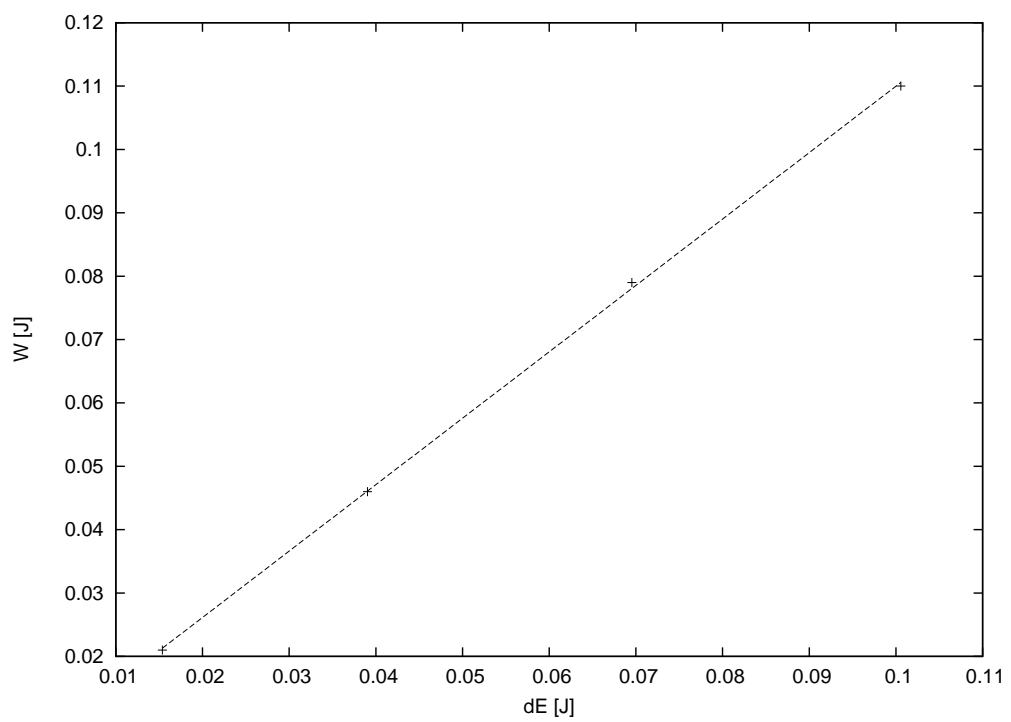
Při nafitování naměřených bodů výrazem  $W = a \cdot \Delta E + b$  se ukázalo, že koeficienty jsou:  $a = 1.04815 \pm 0.01257$ ,  $b = 0.00517276 \pm 0.0008125$  Což znamená, že mechanická účinnost laboratorní aparatury je přibližně 95%. Což není překvapivé vzhledem k jednoduchosti stroje, kdy je navíc pracovní médium přemísťováno mezi chladnou a studenou lázní za pomoci jiného zdroje energie.



Obrázek 1: Účinnost Peltierova článku v porovnání s ideálním Carnotovým strojem za stejných podmínek



Obrázek 2: Pracovní cyklus pístu zatíženého závažím 100g



Obrázek 3: Práce a energie laboratorního tepelného stroje.

## 4 Diskuse

Při měření Peltierova článku by bylo asi vhodné použít kratší přívodní hadičky ke chladicí lázni, jelikož voda se tak zbytečně ohřívá z původní teploty tání ledu a teplota studené strany článku se tak stává nestabilní.

## 5 Závěr

Potvrdili jsme, že účinnost Peltierova článku je značně nízká ve srovnání s Carnotovým cyklem, což opodstatňuje jeho nepoužití v elektrárnách místo parních turbín k přímému generování elektrické energie.

## Reference

- [1] Zadání úlohy 12 - Tepelný stroj. <http://praktika.fjfi.cvut.cz/TepelnyStroj>
- [2] Zadání úlohy 12 - Účinnost tepelného stroje. <http://fyzika.fjfi.cvut.cz/Peltier>