

2.3.12 Druhý termodynamický zákon

⇒ Pokud chceme vyrábět hodně práce musíme mít výkonný co nejteplejší ohřívač a obrovský co nejstudenější chladič, který pojme hodně tepla a nezahřeje se. Přesto je samotný princip motoru nevýhodný – práci vykonává pouze díky tomu, že ho postavíme do cesty tepla, které chce přecházet z ohřívače na chladič. Nešlo by postavit perpetum mobile druhého druhu?

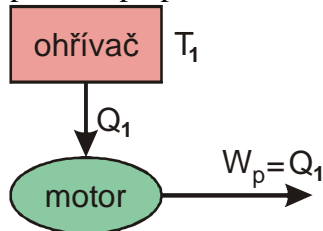


Schéma:

Př. 1: Jaderná elektrárna Temelín má výkon 2000 MW. Urči o kolik stupňů by poklesla teplota vody v blízké Vltavě, kdyby elektrárna získávala vyráběnou energii z vody. Průtok vody ve Vltavě v blízkém Týnu nad Vltavou je přibližně $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

$$P = 2000 \text{ MW} = 2 \cdot 10^9 \text{ J}, \quad Q = 40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \quad c = 4200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad \rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}, \quad \Delta t = ?$$

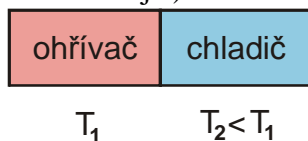
$$\text{Práce, kterou elektrárna vyrobí za 1 sekundu: } W = P \cdot t = 2 \cdot 10^9 \cdot 1 \text{ J} = 2 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$\text{Teplu, dodané předmětem, který se ochlazuje: } Q = mc\Delta t = V \rho c \Delta t.$$

$$W = Q = V \rho c \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{W}{V \rho c} \quad \Delta t = \frac{W}{V \rho c} = \frac{2 \cdot 10^9}{40 \cdot 1000 \cdot 4200} = 12^\circ \text{C}$$

12°C není úplně málo, ale kromě zimy by to bylo realizovatelné. Navíc bychom mohli elektrárnu postavit níže po toku, kde teče vody více. V zimě bychom pak mohli využívat vodu z přehradní nádrže, případně vyrábět led, který by se jinde hodil na chlazení. Státy, které mají moře by měly energii úplně zadarmo.

Celá první fáze I je přesně to, co chceme. Motor odebírá teplo z ohřívače a koná práci. Jenže plyn nemůžeme rozpínat donekonečna a pokud chceme, aby motor pracoval trvale (periodicky) musíme plyn zase stlačit. Pokud přitom nechceme utratit všechnu získanou práci musíme ho ochladit (a tím už potřebujeme chladič a jsme opět u přecházení tepla z teplejšího na chladnější).



V ohřivači se vyskytuje hodně rychlých, ale málo pomalých molekul.

V chladiči se vyskytuje málo rychlých, ale hodně pomalých molekul.

- Rychlé molekuly z chladiče by se musely srážet s pomalými molekulami (obojích je málo).
- Pomalé molekuly z chladiče a rychlé molekuly z ohřívače by se nesměly srážet navzájem (obojích je hodně).

Stát se to může, ale je to velmi málo pravděpodobné (asi jako to, aby se všechny molekuly z jedné poloviny třídy náhodně přemístily do poloviny druhé).

2. termodynamický zákon

Není možné sestavit periodicky pracující stroj, který by jen přijímal teplo od ohřívače a měnil jej na stejně velkou práci.

- Není možné sestavit perpetum mobile druhého druhu.
- Teplo vždy přechází od teplejšího tělesa k chladnějšímu.

Tepelné stroje

Parní turbína

stroj, který roztáčí generátory střídavého proudu v tepelných a jaderných elektrárnách

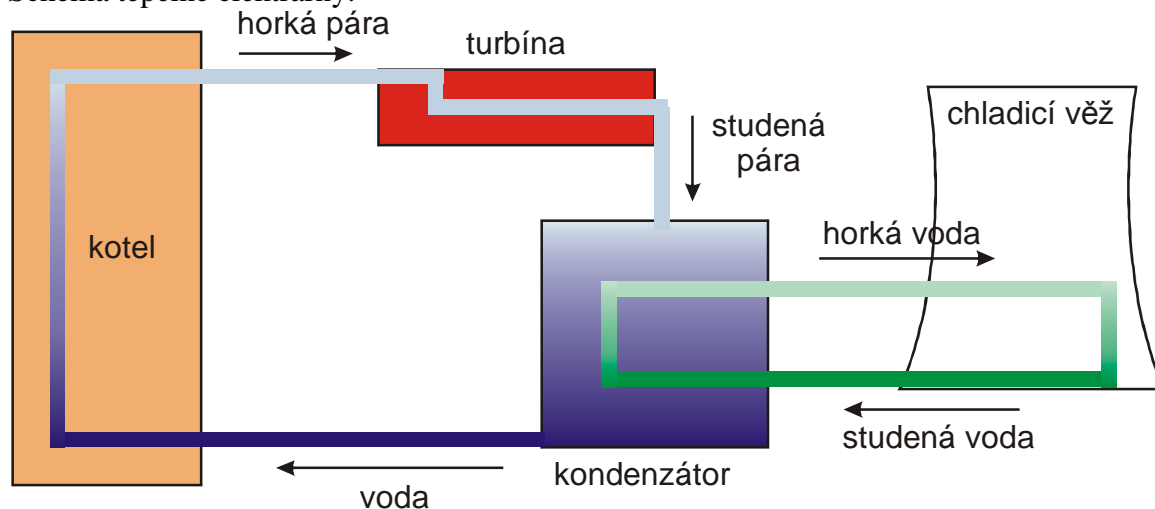
<http://www.youtube.com/watch?v=9Vi5Djx4jBM> (čas 2:15)

Principiálně jednoduché zařízení funguje stejně jako větrníček. Do turbíny pouštíme horkou páru, která fouká na lopatky turbíny a tím ji roztáčí (jako vítr roztáčí větrníček).

Každá turbína má dvě části:

- stojící část (stator) – rozváděcí lopatky (směřují páru)
- otáčející se část (rotor) – oběžné lopatky (narazí do nich pára a tím se rotor roztáčí)

Schéma tepelné elektrárny:



Na první pohled vypadá elektrárna jako dílo šíleného inženýra, který se zaměřuje na plýtvání energií: studenou páru, která prošla (a točila) turbínou, v kondenzátoru pomocí vody z chladicího okruhu necháváme zkapalnit. Tím jí odebíráme energii, kterou ji potom musíme znovu pracně dodávat v kotli.

K roztočení turbíny nestačí pouze velký tlak horké páry na jejím začátku. Aby pára turbínu roztočila musí přes turbínu proudit na druhou stranu \Rightarrow na druhé straně turbíny musí být tlak, co nejmenší \Rightarrow kondenzátor mění páru na vodu a tím snižuje tlak na druhé straně turbíny.

Př. 2: Pára se v kotli zahřívá na teplotu 500°C . V kondenzátoru je ochlazována na 50°C . Urči maximální možnou účinnost elektrárny.

$$T_1 = 500^{\circ}\text{C} = 773\text{K}, T_2 = 50^{\circ}\text{C} = 323\text{K}, \eta = ? \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{323}{773} = 0,58 = 58\% .$$

Teoreticky možná účinnost do 60%. Skutečná účinnost se pohybuje mezi 25% a 35%.

Př. 3: Vysvětli, proč je pro elektrárenské společnosti výhodné studené počasí. Proč elektrárna za mrazu vyrobí ze stejného množství uhlí více elektřiny?

Studené počasí znamená nižší teplotu vody z chladicích věží a nižší teplotu chladiče. Elektrárna tak pracuje s větším tepelným rozdílem a tedy i větší účinností.

Parní stroj

<http://www.youtube.com/watch?v=yda4STR1Pe4> (čas 1:00)

Př. 4: Odhadni, co můžeme považovat u parního stroje za teplotu ohříváče a co za teplotu chladiče.

Teplota ohříváče: teplota páry, která vstupuje do pístu.

Teplota chladiče: teplota páry, která vystupuje z pístu.

$$T_1 = 300^{\circ}\text{C} = 573\text{K}, T_2 = 100^{\circ}\text{C} = 373\text{K}, \eta = ? \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{373}{573} = 0,35 = 35\% .$$

Teoreticky možná účinnost do 35%. Skutečná účinnost se pohybuje mezi 9% a 15%.