

Termodynamika — cvičení, ZS 2005/2006

Domácí úloha 5:

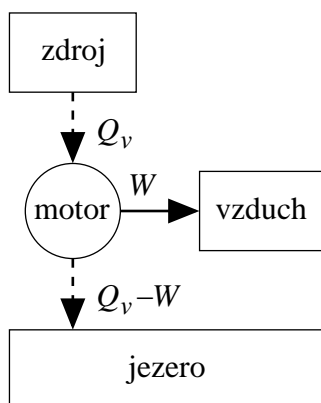
Na hodině jsme začali řešit příklad o výrobě kyslíku separací ze vzduchu:

„Geotermální“ zdroj energie je využíván k produkci kyslíku rozkladem vzduchu. Tento zdroj lze modelově popsat jako jámu obsahující 10^3 m^3 vody, která má na počátku procesu teplotu $T_v = 100^\circ\text{C}$. Poblíž této jámy je obrovské, tj. nekonečně velké, jezero o teplotě $T_j = 5^\circ\text{C}$. Separace vzduchu probíhá při tlaku 1 atm a teplotě 20°C . Pokládejte vzduch za směs ideálních plynů, která obsahuje $1/5$ kyslíku a $4/5$ dusíku (molárně, nikoli hmotnostně). Kolik molů O_2 může být za předpokladu dokonalé termodynamické účinnosti vyprodukováno, než dojde k vyčerpání popsaného zdroje energie?

Zjistili jsme, že pro separaci N molů vzduchu musíme těmto N molům odebrat takzvanou směšovací entropii o velikosti

$$S_{mix} = -NR \left(\frac{N_{\text{O}_2}}{N} \ln \frac{N_{\text{O}_2}}{N} + \frac{N_{\text{N}_2}}{N} \ln \frac{N_{\text{N}_2}}{N} \right) = -NR \left(\frac{1}{5} \ln \frac{1}{5} + \frac{4}{5} \ln \frac{4}{5} \right) = -NR\alpha > 0,$$

kde N_{O_2} a N_{N_2} jsou počty molů kyslíku a dusíku, přičemž $N = N_{\text{O}_2} + N_{\text{N}_2}$. Snížení entropie o S_{mix} jsme provedli vykonáním práce na vzduchu (posun pístů s dírkami, které propouštějí jen kyslík nebo jen dusík). Odpovídající schéma tepelného stroje je na následujícím obrázku.



Změny entropií jednotlivých částí stroje jsou

$$\Delta S_v = C \ln \frac{T_j}{T_v}, \quad \Delta S_j = \frac{1}{T_j} (Q_v + T_j NR\alpha), \quad \Delta S_{vz.} = NR\alpha,$$

kde C je tepelná kapacita geotermálního zdroje (vody) a Q_v je teplo, které ze zdroje oteklo, $Q_v = C(T_v - T_j)$. Po aplikaci požadavku vratnosti všech dějů (změna celkové entropie rovna nule) pro maximální výtěžnost aparatury jsme, pokud se nepletu, došli k výsledku

$$N = -\frac{C}{2R} \left(\ln \frac{T_j}{T_v} + \frac{T_v}{T_j} - 1 \right) \left(\frac{1}{5} \ln \frac{1}{5} + \frac{4}{5} \ln \frac{4}{5} \right)^{-1},$$

což by mělo být maximální množství vzduchu, které lze s daným zdrojem energie rozložit. Jenže není, protože jsme se během analýzy problému a jeho řešení dopustili hned několika chyb, čímž se konečně dostáváme k zadání domácího úkolu: **Odhalte jakoukoli chybu v úvaze. Pokud vás to přivede ke správnému řešení úlohy, tím lépe.**

Termín odevzdání: 8. 11. 2005