

Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz

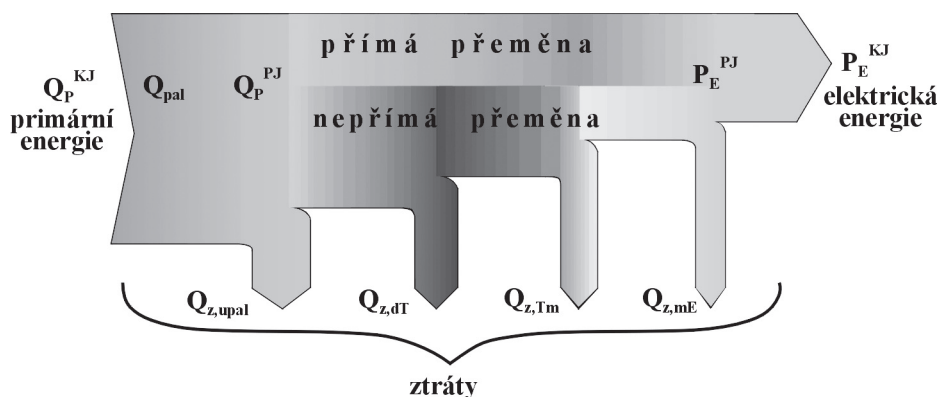


5 Primární jednotky kogeneračních soustrojí

Primární jednotka je nejdůležitější částí *KJ*. V *PJ* probíhá transformace primární energie přivedené do *KJ* na energii elektrickou. Typ primární jednotky je dán typem použité kogenerační technologie (kap. 2.5). Hodnocení *PJ* se provádí podle stejných zásad jako hodnocení celé *KJ*. *PJ* má největší vliv na hodnotu parametrů *KJ*.

5.1 Účinnost primárních jednotek

Účinnost primárních jednotek lze stejně jako u *KJ* určit podle zákona zachování energie přímou metodou nebo nepřímou – zjišťováním ztrát v průběhu transformace přivedené energie na elektrickou (obr. 5.1).



Obr. 5.1 Energetická bilance primární jednotky

Pro přímou metodu platí:

$$\eta_E^{PJ} = \frac{P_E^{PJ}}{Q_P^{PJ}} \quad [-]. \quad [5.1]$$

Pro nepřímou metodu platí:

$$\eta_E^{PJ} = \frac{Q_P^{PJ} - \sum_i Q_{z,i}^{PJ}}{Q_P^{PJ}} = \frac{Q_P^{PJ} - (Q_{z,dT} + Q_{z,Tm} + Q_{z,mE})}{Q_P^{PJ}} = 1 - \sum_i q_{z,i}^{PJ} \quad [-], \quad [5.2]$$

kde:

i – počet zahrnutých ztrát,

$Q_{z,dT}$ – ztráty při dodávce tepla do TO [J],

$Q_{z,Tm}$ – ztráty při transformaci tepla na mechanickou energii [J],

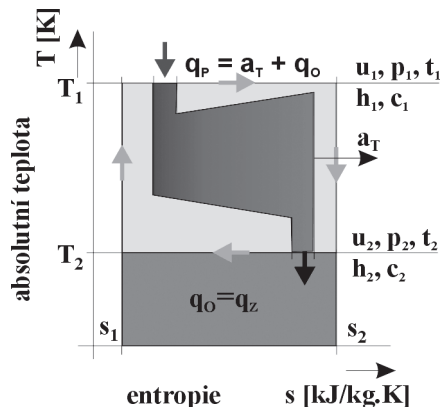
$Q_{z,mE}$ – ztráty při transformaci mechanické na elektrickou energii [J].

Účinnost PJ lze vyjádřit prostřednictvím ztrát vznikajících při transformaci. Tyto ztráty se při kogenerační výrobě využívají pro užitečnou dodávku tepla.

Část vyrobené energie je spotřebována přímo PJ (vlastní spotřeba), čímž se možnost využití primární energie pro dodávku ke spotřebiteli ještě snižuje.

5.1.1 Účinnost přeměny energie v nepřímých primárních jednotkách

Účinnost výroby elektrické energie je závislá na účinnosti TO . Přivedená tepelná energie q_P [J/kg] vstupuje do TM (obr. 5.2), kde se část energie přemění na technickou práci a_T [J/kg]. Zbýlé teplo spolu se ztrátami vzniklými při přeměně je z TM odváděno – q_O [J/kg], a představuje ztráty při transformaci – $q_Z = q_{Z, TM}$ [J/kg]. Tepelný oběh je realizován prostřednictvím pracovní látky procházející energetickými změnami. Mezi vstupem (index „1“) a výstupem (index „2“) TM probíhá změna polohové gh , kinetické $0,5c^2$, vnitřní tepelné u a tlakové energie pv pracovní látky. V každé části oběhu je látka určena stavovými veličinami (měrnou vnitřní tepelnou energií u [J/kg], tlakem p [Pa], teplotou T [K], měrným objemem v [m³/kg]). Pro TM lze změny polohové a kinetické energie zanedbat a stačí znát rozdíl entalpií $\Delta h = h_1 - h_2$ [J/kg], abychom zjistili práci získanou průchodem pracovní látky mezi vstupem a výstupem [1]. Stav pracovní látky v TO se znázorňují v diagramech změn stavových veličin látky ($T-s$), ($h-s$), ($p-v$).



Obr. 5.2 Tepelný oběh TM

Energetické hodnocení přeměny v *TO* se provádí aplikací vztahu [5.1] nebo [5.2] na pracovní látku *TO* procházející jednotlivými změnami. Účinnost přeměny v *TM* se nazývá *tepelná účinnost*. Tepelná účinnost slouží pro energetické porovnání jednotlivých typů *TM*. Základní vztah pro tepelnou účinnost pro *m.j.* pracovní látky je:

$$\eta_i^{TM} = \frac{q_P - q_O}{q_P} = \frac{a_T}{q_P} = \frac{\Delta h}{q_P} = 1 - \frac{q_O}{q_P} \quad [-]. \quad [5.3]$$

Na obr. 5.2 (T - s diagram) jsou jednotlivé veličiny vztahu reprezentovány velikostí ploch pod termodynamickými změnami pracovní látky. Pokud nejsou uvažovány ztráty při transformaci tepla, je tato účinnost nazývána ideální tepelná účinnost ($\eta_{t,i} = \eta_{t,ad}$) – bezztrátová, *adiabatická* (*izoentropická*).

Každý *TO* se dá nahradit ideálním *Carnotovým oběhem (CO)* tvořeným dvěma adiabatami ($s_1, s_2 = konst.$) a dvěma izotermami ($T_1, T_2 = konst.$). Obr. 5.2 představuje přímo průběh *CO* v T - s diagramu. Po dosazení obsahů obdélníků do [5.3] dostaneme základní vztah pro účinnost všech *TM* – *Carnotova účinnost*:

$$\eta_i^{CO} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad [-]. \quad [5.4]$$

Účinnost přeměny v *TM* tedy závisí nepřímo úměrně na výstupní teplotě T_2 odváděné pracovní látky a přímo úměrně na vstupní teplotě T_1 . Minimální výstupní teplota, které lze dosáhnout, je teplota okolí. Každý tepelný oběh sloužící k zisku technické práce má teoreticky maximální hodnotu účinnosti přeměny, kterou nelze překročit – *termodynamické omezení*.

Ztráty v *TO* se přeměňují v teplo a způsobují vzrůst entropie pracovní látky *TO*, čímž dojde ke zmenšení využitého teplotního spádu. Skutečnou tepelnou účinnost *TM* lze pak popsat se zahrnutím ztrát jako:

$$\eta_{t,s}^{TM} = \eta_{t,ad} \cdot \eta_{t,td} \quad [-], \quad [5.5]$$

kde:

$\eta_{t,td}$ – *termodynamická účinnost, která vyjadřuje ztráty tepelného spádu [-].*

Do celkových ztrát při transformaci tepelné energie na mechanickou se zahrnují dále mechanické ztráty *TM*. Celkovou účinnost transformace pak lze vyjádřit jako tepelnou účinnost na spojce:

$$\eta_{t,sp}^{TM} = \eta_{t,ad} \cdot \eta_{TM} = \eta_{t,ad} \cdot \eta_{t,td} \cdot \eta_m = \eta_{t,s}^{TM} \cdot \eta_m \quad [-], \quad [5.6]$$

kde:

η_{TM} – *účinnost transformace tepelné energie na mechanickou energii TM [-],*

η_m – *mechanická účinnost [-].*

Elektrická účinnost *PJ* zahrnuje ještě ztráty vznikající transformací mechanické práce na elektrickou v generátoru:

$$\eta_E^{PJ} = \eta_{t,sp}^{TM} \cdot \eta_{mE} \quad [-], \quad [5.7]$$

kde:

η_{mE} – *účinnost transformace mechanické energie na elektrickou [-].*

Elektrická účinnost celé *KJ* respektuje dále ztráty vznikající při úpravě primárního zdroje, při uvolnění tepla (transformace energie obsažené v palivu) a dodávce tepla do *TO*²⁸⁾:

$$\eta_E^{KJ} = \eta_{t,sp}^{TM} \cdot \eta_{mE} \cdot \eta_{dT} \cdot \eta_{upal} \quad [-], \quad [5.8]$$

kde:

η_{dT} – *účinnost uvolnění a dodávky tepla do TO [-],*

η_{upal} – *účinnost úpravy paliva [-].*

²⁸⁾ Platí pouze pro *PJ* s vnějším spalováním a pro transformaci tepla z *PZ*.