



1211 Příklad značení jednotlivých větví technologického celku

**RS** redukční stanice; **NČ** napájecí čerpadlo; **CH** chladicí stanice; **T** parní turbína; **G** elektrický generátor; **k** parní kotel; **NN** napájecí nádrž; **OH** ohřívák; **OD** odkal kotle; **CHUV** chemická úprava vody; **PNK** pomocná nádrž kondenzátu; **S** spotřebiče páry; **z** odvod brýdových par z odplynění.

téměř okamžitě, případně pomalejší metodou CFD včetně zahrnutí průtočných částí turbíny, ale kontrolní výpočet klasickou cestou projektanta donutí získat představu o možnostech optimalizace schématu a citlivosti technologického celku na změny průtoku v jednotlivých větvích.

Výsledky výpočtů se obvykle zapisují přímo do schématu, pak lze přehledně sledovat hmotnostní i energetické toky v technologii včetně sledování stavu pracovní látky za jednotlivými zařízeními.

#### Úloha 151

Teplárna z Obrázku 1211 je vybavena soustrojím o výkonu na svorkách generátoru 6 MW při průtoku páry  $17,55 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . Na vstupu do turbíny má pára

tyto parametry: 3,5 MPa, 435 °C. Teplárna má dodávat technologickou páru o tlaku 0,6 MPa, teplotě 200 °C a maximálním průtoku  $25,5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . Do teplárny se od spotřebitele vrací 60 % kondenzátu o teplotě 95 °C. Odluh kotle činí cca 5 %. Mechanická účinnost turbíny je 97,8 %, účinnost generátoru je 94,6 %. Tlak v napájecí nádrži je 0,6 MPa (uvnitř je voda na mezi sytosti). Tlak 0,6 MPa bude také v uvolňovači páry z odluhu. Požadovaná teplota vody do napájecí nádrže je 135 °C (voda se ohřívá v ohříváku OH1). Vypočítejte hmotnostní průtok v jednotlivých větvích teplárny (celkem 27 větví). Teplota vody z úpravny vody je 20 °C, maximální dovolená teplota odpadní vody z odluhu je 50 °C. Další parametry určete nebo odhadněte během výpočtu pomocí specializované literatury; zatím neuvažujete ztráty v potrubí a armaturách do okolí. Zadání úlohy je převzato a upraveno z [9, s. 49]. Řešení úlohy je uvedeno v Příloze 151.



## Tepelná účinnost bloku s parní turbínou

Tepelná účinnost bloku je definována jako podíl elektrického výkonu, který vystupuje do rozvodné sítě (případně výkonu na hřídeli indikovaného z kroutícího momentu při použití parní turbíny pro pohon pracovního stroje) a příkonu bloku – nejčastěji výkon v palivu dodávaný do areálu bloku, sluneční energie apod., popřípadě další energie přivedena z vnějšku bloku sloužící k pohonu pomocných zařízení, viz *Vzorec 455*.

$$\eta_b = \frac{P_b}{P_{pal}}$$

### 455 Čistá účinnost bloku s parní turbínou

$\eta_b$  [-] čistá účinnost bloku tepelné elektrárny (na prahu elektrárny);  $P_b$  [W] elektrický výkon na prahu bloku/elektrárny – jestliže je využito teplo vyprodukované v bloku, pak se připočítá v čitateli k elektrickému výkonu i tepelný výkon;  $P_{pal}$  [W] výkon dodávaný v palivu případně jiných médií.

V rámci bloku můžeme rozlišovat účinnosti a spotřeby jednotlivých zařízení, pak mluvíme například o účinnosti kotle, účinnosti trafostanice, účinnosti turbosoustrojí, atd., viz *Úloha 148*. Rozsahy běžných hodnot účinností jednotlivých zařízení bloku jsou uvedeny v [7, s. 516]. Čistá účinnost některých typů elektráren s parními turbínami je uvedena v jednotlivých článcích 7. Fosilní paliva, jejich využití v energetice a ekologické dopady, 23. Tepelné turbíny a turbokompresory, 9. Jaderná energetika.

Obecně rozdíl mezi  $P_b$  a  $P_{pal}$  označujeme jako ztrátu. Proto může v rámci jednotlivých zařízení mluvit například o ztrátách kotle, o ztrátách v potrubí (únik tepla do okolí), o ztrátách v palivu (výkon dodávaný v palivu se ještě na skládce nebo při manipulaci může znehodnotit odparem nebo nečistotami), o ztrátách v trafostanici atd.

Pokud mluvíme o vlastní spotřebě bloku máme tím obvykle na mysli spotřebu elektřiny pro pohon čerpadel, dopravníků, manipulátorů, regulátorů, řízení a příkon dalších elektrických spotřebičů nutných pro provoz a údržbu bloku. Do vlastní spotřeby se počítají i ztráty v elektrickém transformátoru. Odběr páry pro turbonapáječku lze zahrnout například do ztrát potrubní trasy mezi zdrojem páry a hlavním turbosoustrojím, jak je to provedeno i v *Úloze 148*.

### Úloha 148

Vypočítejte čistou účinnost bloku tepelné elektrárny na biomasu. Výpočet tepelného oběhu této elektrárny beze ztrát je uveden v *Úloze [6.623]*, výpočet vnitřního výkonu turbíny je proveden v *Úloze [13.871]*. Účinnost zdroje páry je 85 % (účinnost skládkování biomasy, jejího spalování a účinnost tepelných výměníků v parním kotli), účinnost potrubní trasy mezi parním kotlem a turbínou 97 % (nízká účinnost značí, že z této potrubní trasy směřuje nějaký odběr, např. pro termické odplynění napájecí vody), součin účinností mechanické stroje, převodovky a generátoru je 0,93, celková vlastní spotřeba bloku 814,3 kW. Řešení úlohy je uvedeno v *Příloze 148*.

### • Zvyšování účinnosti bloku a Carnotizace parního oběhu

Není třeba složitě rozebírat ekonomiku a ekologii provozu bloku s parní turbínou, abychom dospěli k závěru, že zvyšováním účinnosti bloku se oba parametry zlepší – samozřejmě existují jisté hranice, kdy náklady na zvýšení účinnosti už přesáhnou přínosy a to platí i ekologii.

Zvyšovat účinnost bloku můžeme v dvěma cestami. První cesta vede přes zvyšování účinnosti jednotlivých zařízení, respektive zvyšovat účinnost transformace energie v nich, například zvýšení vnitřní termodynamické účinnosti turbosoustrojí, zvýšení účinnosti transformace paliva v kotli, snížení tepelných ztrát v potrubí či zvýšení těsnosti atd. Abychom mohli zvyšovat účinnosti jednotlivých zařízení musíme definovat co je to ztráta a tu