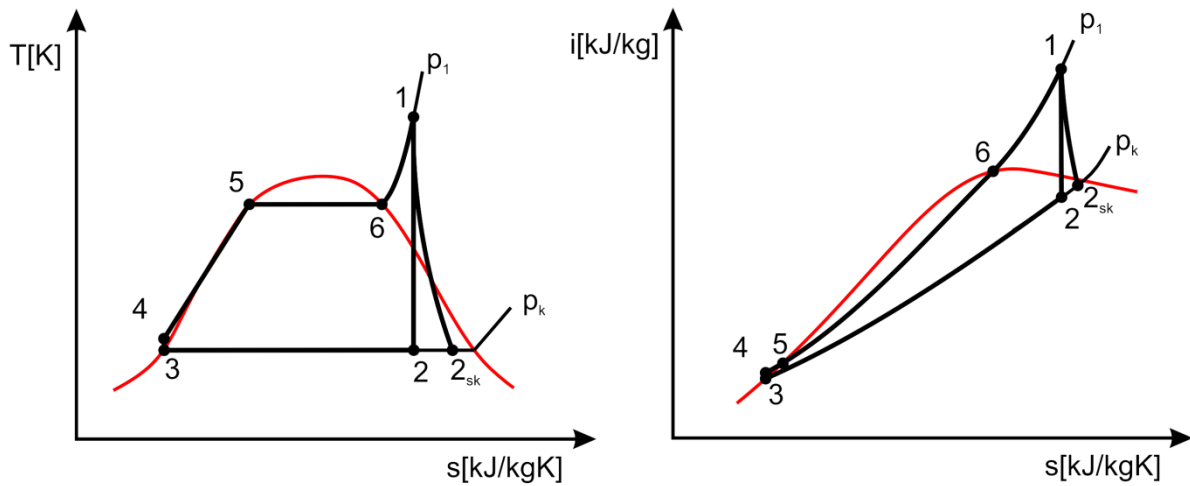


Určete výkon a účinnost elektrárny s kondenzační turbinou. Přivedený tepelný tok je 1 000 MW, teplota a tlak admisní páry je 560 °C a 18 MPa, teplota kondenzace je 25 °C.



$$\dot{Q} = 1\,000 \text{ [MW]}$$

$$t_1 = 560 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$p_1 = 18 \text{ [MPa]}$$

$$t_K = 25 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\eta_{td} = 93 \text{ [%]}$$

$$\eta_{N\check{c}} = 85 \text{ [%]}$$

Rankin - Clausiův cyklus beze ztrát

Výkon turbíny:

$$P = \dot{m} \cdot a_t^T \text{ [W]}$$

Technická práce turbíny:

$$dq = 0 = dh + da_t$$

$$\int_1^2 da_t = - \int_1^2 dh = \int_2^1 dh$$

$$a_t^T = h_1 - h_2 \text{ [J/kg]}$$

Určení entalpie v bodě jedna:

$$h_1(p_1, t_1) = 3\,446,6 \cdot 10^3 \text{ [J/kg]}$$

Určení entalpie v bodě dvě:

$$s_1(p_1, t_1) = 6\,442,7 \text{ [J/kg} \cdot \text{K]}$$

$$s'_2(t_2, x = 0) = 367,3 \text{ [J/kg} \cdot \text{K]}$$

$$s''_2(t_2, x = 1) = 8556,8 \text{ [J/kg} \cdot \text{K]}$$

$$x = \frac{s_1 - s'_2}{s''_2 - s'_2} = \frac{6442,7 - 367,3}{8559,8 - 367,3} = 0,7418 \text{ [1]}$$

$$h_2 = h'_2 + x \cdot (h''_2 - h'_2) \text{ [J/kg]}$$

$$h'_2(t_2, x = 0) = 104,84 \cdot 10^3 \text{ [J/kg]}$$

$$h''_2(t_2, x = 1) = 2546,5 \cdot 10^3 \text{ [J/kg]}$$

$$h_2 = 104,84 \cdot 10^3 + 0,7418 \cdot (2546,5 - 104,84) \cdot 10^3 = 1916,1 \cdot 10^3 \text{ [J/kg]}$$

Výpočet technické práce turbíny:

$$a_t^T = h_1 - h_2 = 3446,6 = 1916,1 = 1530,5 \text{ [kJ/kg]}$$

Hmotnostní průtok páry:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{př}}{q_{př}} \text{ [kg/s]}$$

Určení měrného přivedeného tepla:

$$dq = dh + da_t \text{ [J/kg]}$$

Teplo přivádíme v kotli při konstantním tlaku:

$$da_t = -vdp = 0 \text{ [J/kg]}$$

Teplo přivádíme mezi bodem čtyři (výstup z napájecího čerpadla) a jedna (vstup do parní turbíny):

$$\int_4^1 dq = \int_4^1 dh$$

$$q_{př} = h_1 - h_4 \text{ [J/kg]}$$

Abychom zjistili entalpii v bodě čtyři, musíme nejprve vyřešit napájecí čerpadlo (mezi body 3 – 4).

$$dq = dh + da_t \text{ [J/kg]}$$

$$dq = 0 = dh + da_t$$

$$\int_3^4 dh = - \int_3^4 da_t = - \int_3^4 (-vdp) = \int_3^4 vdp \quad \left| v = \frac{1}{\rho} = \text{konst.} \right.$$

$$h_4 - h_3 = v_3 \cdot (p_4 - p_3) \text{ [J/kg]}$$

$$h_4 = h_3 + v_3 \cdot (p_4 - p_3)$$

$$h_3(t_2, x = 0) = 104,84 \cdot 10^3 \text{ [J/kg]}$$

$$v_3(t_2, x = 0) = 0,001003 \text{ [m}^3/\text{kg]}$$

$$p_3(t_2) = 3,170 \cdot 10^3 \text{ [Pa]}$$

$$h_4 = 104,84 \cdot 10^3 + 0,001003 \cdot (18 \cdot 10^6 - 3,170 \cdot 10^3) = 122,9 \cdot 10^3 \text{ [J/kg]}$$

$$q_{př} = 3446,6 - 122,9 = 3\,323,7 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{př}}{q_{př}} = \frac{1\,000 \cdot 10^6}{3\,323,7 \cdot 10^3} = 300,9 \text{ [kg/s]}$$

$$P = 300,9 \cdot 1\,530,5 \cdot 10^3 = 460,5 \text{ [MW]}$$

Výpočet účinnosti

$$\eta_t = 1 - \frac{|q_{od}|}{q_{př}} \quad [1]$$

Odvedené teplo v kondenzátoru (body 2 - 3):

$$\int_2^3 dq = \int_2^3 dh + \int_2^3 da_t = \int_2^3 dh + \int_2^3 (-vdp) \quad |dp = 0$$

$$q_{od} = \int_2^3 dh = h_3 - h_2 \text{ [J/kg]}$$

$$q_{od} = h_3 - h_2 = 104,84 - 1\,916,1 = -1\,811,3 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{|-1\,811,3|}{3\,323,7} = 45,5 \text{ [%]}$$

Rankin - Clausiův cyklus se ztrátami

Skutečný výkon turbíny

$$P_{sk} = \dot{m}_{sk} \cdot a_{t\,sk}^T \text{ [W]}$$

Skutečná práce turbíny:

$$a_{t\,sk}^T = \eta_{td} \cdot a_t^T = 0,93 \cdot 1\,530,5 = 1\,423,4 \text{ [kJ/kg]}$$

Skutečný hmotnostní průtok:

$$\dot{m}_{sk} = \frac{\dot{Q}_{př}}{q_{př\,sk}} \text{ [kg/s]}$$

$$q_{př\,sk} = h_1 - h_{4\,sk} \text{ [J/kg]}$$

Napájecí čerpadlo:

$$\eta_{N\check{c}} = \frac{a_t^{N\check{c}}}{a_{t\ sk}^{N\check{c}}} \quad [1]$$

$$a_{t\ sk}^{N\check{c}} = \frac{a_t^{N\check{c}}}{\eta_{N\check{c}}}$$

$$h_{4\ sk} - h_3 = \frac{h_4 - h_3}{\eta_{N\check{c}}}$$

$$h_{4\ sk} = 104,84 + \frac{122,89 - 104,84}{0,85} = 126,1 \quad [\text{kJ/kg}]$$

$$q_{p\check{r}\ sk} = h_1 - h_{4\ sk} = 3\ 446,6 - 126,1 = 3\ 320,5 \quad [\text{kJ/kg}]$$

$$\dot{m}_{sk} = \frac{\dot{Q}_{p\check{r}}}{q_{p\check{r}\ sk}} = \frac{1\ 000 \cdot 10^6}{3\ 320,5 \cdot 10^3} = 301,2 \quad [\text{kg/s}]$$

$$P_{sk} = \dot{m}_{sk} \cdot a_{t\ sk}^T = 301,2 \cdot 1\ 423,4 \cdot 10^3 = 428,7 \quad [\text{MW}]$$

Výpočet účinnosti

$$\eta_{t\ sk} = 1 - \frac{|q_{od\ sk}|}{q_{p\check{r}\ sk}}$$

Skutečné odvedené teplo

$$q_{od} = h_3 - h_{2\ sk} \quad [J/kg]$$

$$\eta_{td} = \frac{a_{t\ sk}^T}{a_t^T} = \frac{h_1 - h_{2\ sk}}{a_t^T} \quad [1]$$

$$h_{2\ sk} = h_1 - \eta_{td} \cdot a_t^T$$

$$h_{2\ sk} = 3\ 446,6 - 0,93 \cdot 1530,5 = 2\ 023,2 \quad [\text{kJ/kg}]$$

$$q_{od} = h_3 - h_{2\ sk} = 104,84 - 2\ 023,2 = -1\ 918,4 \quad [\text{kJ/kg}]$$

$$\eta_{t\ sk} = 1 - \frac{|q_{od\ sk}|}{q_{p\check{r}\ sk}} = 1 - \frac{|-1\ 918,4|}{3\ 320,5} = 0,42 \quad [1]$$