

Tehtävä 1

Piirrä kombi-voimalaitoksen kaaviokuva ja selitä T-S piirroksen avulla kombivoimalaitosprosessia.

(4 p)

Miksi kaksipainetasoprosessi on edullisempi kuin yksi painetaso? (1 p)

Tehtävä 2

Selitä lyhyesti seuraavien komponenttien tehtävä voimalaitoksissa ja kerro, mistä komponentista ja missä faasissa (yleensä) ilma/savukaasu/vesi/vesihöyry tulee niihin ja mihin se/ne niistä menee:

- a) Syöttövesisäiliö (1 p)
- b) Korkeapaine-esilämmitin (1 p)
- c) Lauhdutin (1 p)
- d) Säteilytulistin (1 p)
- e) Jätelämpökattila (1 p)

Tehtävä 3

Teollisuuden vastapainevoimalaitoksen tuorehöyryn arvot ovat 80 bar ja 500 °C. Vastapaine on 3 bar. Välioton (jota käytetään ainoastaan syöttöveden esilämmitykseen) paine on 12 bar ja massavirta 2 kg/s. Tuorehöyryn massavirta on 20 kg/s, turbiinin isentroopinen hyötysuhde $\eta_s = 0,90$ ja sähkömekaaninen hyötysuhde $\eta_{gm} = 0,97$.

- a) Piirrä laitoksen prosessikaavio käyttäen standardin mukaisia piirrossymboleja (2 p)
- b) Laske turbiinista saatava teho. (3 p)

Tehtävä 4

Lauhdutusvoimalaitoksessa kattilasta tulevan höyryn arvot ovat 90 bar ja 520°C. Lauhduttimen paine on 0,05 bar. Turbiinin isentroopinen hyötysuhde on 0,85. Voimalaitoksen nettoteho on 85 MW, polttoaineen tehollinen lämpöarvo 25 MJ/kg ja polttoaineen massavirta 10 kg/s. Lauhduttimeen tulevan jäähdytysveden lämpötila on 10°C ja lähtevän veden lämpötila on 20°C. Veden ominaislämpökapasiteetti on 4,2 kJ/kgK.

Laske

- a. laitoksen terminen hyötysuhde (1p)
- b. höyryn massavirta (2p)
- c. kattilan hyötysuhde (1p)
- d. lauhduttimessa siirtyvä lämpömäärä ja jäähdytysveden massavirta (1p)

Tehtävä 5

Yhden painetason kombivoimalaitosprosessiin perustuvan voimalaitoksen kaasuturbiinilta tulevan savukaasun massavirta on 600 kg/s , lämpötila $600 \text{ }^\circ\text{C}$ ja ominaislämpökapasiteetti $c_p = 1,05 \text{ kJ/(kgK)}$. Tuorehöyryn arvot ovat $70 \text{ bar}/500 \text{ }^\circ\text{C}$ ja lauhduttimen paine on $0,04 \text{ bar}$. Syöttöveden lämpötila on $140 \text{ }^\circ\text{C}$ ja pinch point –lämpötilaero on 12 K . Höyryturbiinin isentrooppinen hyötysuhde on $0,9$ ja lämmöntalteenottokattilan kattilahyötysuhde $\eta_k = 0,95$.

Laske

- tuorehöyryn massavirta (kg/s) (2p)
- lämmöntalteenottokattilan kattilateho (MW) (1p)
- savukaasun lämpötila savupiipussa ($^\circ\text{C}$) (1p)
- höyryturbiinin teho (MW) (1p)

Kaavakokoelma

Yleistä

sinilause

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c}$$

kosinilause

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$$

Lämmönsiirron teho

$$Q = c_p \dot{m} \Delta T$$

generaattorin teho

$$P_{el} = \eta_s \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \dot{m} \cdot \Delta h_s$$

η_s = turbiinin isentrooppinen hyötysuhde

η_m = turbiinin mekaaninen hyötysuhde

η_g = generaattorin sähköinen hyötysuhde

adiabaattisen isentrooppisen prosessin

tilavuuden muutostyö

$$W_{12} = U_1 - U_2 = \frac{c_v}{R} \cdot (p_1 \cdot V_1 - p_2 \cdot V_2)$$

Turbiinin siivistö

teho

$$P = \dot{m} \cdot (u_1 \cdot c_{u1} - u_2 \cdot c_{u2})$$

momentti

$$M = \dot{m} \cdot (r_1 \cdot c_{u1} - r_2 \cdot c_{u2})$$

tek. turbiinityö

$$w_{t12} = h_1 - h_2 + \frac{1}{2}(c_0^2 - c_2^2)$$

vyöhykkeen isentrooppinen hyötysuhde $\eta_s = \frac{w_{t12}}{i_1 + \frac{c_1^2}{2} - i_{2s}}$

Eulerin yhtälö

$$Y = a = L_u = \frac{P}{\dot{m}} = \omega \cdot \int_1^2 d(c_u \cdot r) = u_1 \cdot c_{u1} - u_2 \cdot c_{u2}$$

Kaasuturbiini

kompressor

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{c_{pm} \cdot \eta_c}}$$

turbiini

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{p_3}{p_4} \right)^{\frac{\eta_t}{c_{pm}}}$$

isentrooppinen hyötysuhde

$$\eta_s = \frac{i_{2s} - i_1}{i_2 - i_1}$$

terminen hyötysuhde

$$\eta_t = \frac{w}{c_p (T_3 - T_2)}$$

prosessin ominaistyö

$$w = c_p [(T_3 - T_4) - (T_2 - T_1)]$$

Hövrvturbiini

turbiinin isentrooppinen hyötysuhde

$$\eta_s = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}}$$