Vážení zákazníci,

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

To znamená, že ukázka 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 ukázku jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umisťováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

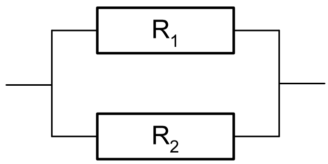
(*Navazuje na „Technický průvodce energetika“ (TPE), BEN – technická literatura, Praha, 2002: část 1.4.)*

3.1 Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu jednotek s aktivní zálohou

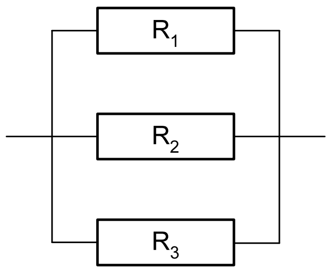
Dvě identické jednotky jsou paralelně zapojeny dle *obr. 3.1* (aktivní záloha, též označována jako horká) a pro zadanou úlohu mají pro Δt [h] pravděpodobnost bezporuchového provozu $R_1 = R_2 = 0{,}9$ [1]

a) Vypočítejte pravděpodobnost bezporuchového provozu tohoto jednoduchého záložního systému R_{s2},

b) vypočítejte pravděpodobnost bezporuchového provozu záložního systému R_{s3} s třemi paralelně zapojenými stejnými jednotkami s $R_1 = R_2 = R_3 = 0{,}9$, *obr. 3.2*.



Obr. 3.1 *Paralelní zapojení dvou jednotek*



Obr. 3.2 *Paralelní zapojení tří jednotek*

Zadáno:

$R_1 = R_2 = R_3 = 0{,}9.$

Určete:

a) R_{s2},
b) R_{s3}.

Výpočet:

a) Pravděpodobnost bezporuchového provozu systému pro Δt [h]

$$R_{s2}(t) = 1 - [1 - R_1(t)][1 - R_2(t)] = R_1(t) + R_2(t) - R_1(t) \cdot R_2(t) = 0{,}9 + 0{,}9 - 0{,}9 \cdot 0{,}9 = 0{,}99$$

Výsledky řešení ukazují, že proti provozu pouze s jednou jednotkou je pravděpodobnost provozu tohoto jednoduchého záložního zapojení systému o 10 % vyšší. Ke stejným výsledkům dospějeme při použití ukazatele pravděpodobnosti poruchy systému

$$Q_{s2}(t) = Q_1(t) \cdot Q_2(t) = 0{,}1 \cdot 0{,}1 = 0{,}01$$

Pravděpodobnost poruchy proti provozu jedné jednotky je o řád nižší.

b) Při použití tří paralelně zapojených stejných jednotek

$$Q_{s3}(t) = Q_1(t) \cdot Q_2(t) \cdot Q_3(t) = 0{,}1 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}1 = 0{,}01$$

Výsledek ukazuje, že proti provozu jedné jednotky je pravděpodobnost výpadku u tohoto systému o 2 řády menší.

$$R_{s3} = 3\,R_1 - 3\,R_1^2 + R_1^3 = 1 - Q_{s3} = 1 - 0{,}001 = 0{,}999$$

3.2 Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu a střední doby provozu

Vypočtěte pravděpodobnosti R, m pro jednu, dvě a tři jednotky a porovnejte výsledky

Zadáno:

Zapojení pro:

a) provoz jedné jednotky,

b) systém složený ze dvou stejných jednotek (aktivní záloha),

c) systém složený ze tří stejných jednotek (aktivní záloha).

Uvažujte prvky s konstantní intenzitou poruch $\lambda = 1{,}43\ .\ 10^{-3}$ h.

Určete:

R_1 až R_3 [1], m_1 až m_3 [h] pro zapojení a) až c).

Výpočet:

a) jedna jednotka

$$R_1(t) = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-1{,}43 \cdot 10^{-3} \cdot t}$$

např. pro $t = 24$ h, $R_1 = 0{,}998$

$$m_1 = \frac{1}{\lambda} = \frac{1 \cdot 10^3}{1{,}43} = 699{,}3 \text{ h}$$

b) dvě jednotky

$$R_2(t) = 2 \cdot R(t) - R^2(t) = 2\, e^{-\lambda \cdot t} - e^{-2\lambda t} = 2e^{-1{,}43 \cdot 10^{-3} t} - e^{-2 \cdot 1{,}43 \cdot 10^{-3} \cdot t} =$$

$$= 2e^{-1{,}43 \cdot 10^{-3} t} - e^{-2{,}86 \cdot 10^{-3} \cdot t}$$

např. pro $t = 24$ h, $R_2 = 0{,}9988$

$$m_2 = \int_0^\infty R(t)dt = 2\int_0^\infty e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t} dt = \frac{2}{\lambda} - \frac{1}{2\lambda} = \frac{3}{2\lambda} = \frac{3 \cdot 10^3}{2 \cdot 1{,}43} = 1048{,}9\,[\mathrm{h}]$$

c) tři jednotky

$$R_3(t) = 3R(t) - 3R^2(t) + R^3(t) = 3\, e^{-\lambda t} - 3e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t} =$$

$$= 3e^{-1{,}43 \cdot 10^{-3} \cdot t} - 3e^{-2{,}86 \cdot 10^{-3} \cdot t} + e^{-4{,}29 \cdot 10^{-3} \cdot t} = 2{,}89878 - 2{,}99143 + 0{,}99572$$

např. pro $t = 24$ h, $R_3 = 0{,}9999$

$$m_3 = \int_0^\infty R(t)dt = \int_0^\infty 3e^{-\lambda t} - 3e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t} dt = \frac{3}{\lambda} - \frac{3}{2\lambda} + \frac{1}{3\lambda} = \frac{11}{6\lambda} = \frac{11 \cdot 10^3}{6 \cdot 1{,}43} = 1282\,[\mathrm{h}]$$

Při paralelním zapojení n jednotek se stejnou intenzitou poruch ($\lambda_1 = \lambda_2 = ...\lambda_n = \lambda_0$) lze zobecnit, že

$$m_s = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{1}{2\lambda_0} + \frac{1}{3\lambda_0} + ... + \frac{1}{n\lambda_0}$$

3.3 Výpočet spolehlivostních ukazatelů pro jednotky s pasivní zálohou

Uvažujte systém jednoduché pasivní zálohy (stand-by-redundanz či studená záloha) složený z jednotek A, B a přepínače V, *obr. 3.3* (zařízení projektováno tak, že při uvedení do provozu je nejdříve zapojena jednotka A (B); vypadne-li, přepínač V zapojí jednotku B (A), která převezme funkci jednotky A (B)). Srovnejte střední dobu provozu při aktivní a pasivní záloze, pokud intenzita poruch $\lambda_A = \lambda_B$ [10^{-3} h] a předpokládáme, že přepínač V má pravděpodobnost bezporuchového provozu 100 %

ZADÁNO:

Schéma zapojení; $\lambda_A = \lambda_B$ [10^{-3} h].

URČETE:

m_a [h], m_b [h].

(Navazuje na „Technický průvodce energetika“ (TPE), BEN – technická literatura, Praha, 2002: část 1.5, 3., 4., 9., 19.)

4.1 Výpočet výsledné teploty směšováním dvou proudů vody

Určete výslednou teplotu vody t_v [°C], smísí-li se 5000 kg vody 90 °C a 2000 kg vody o teplotě 60 °C, *obr. 4.1*

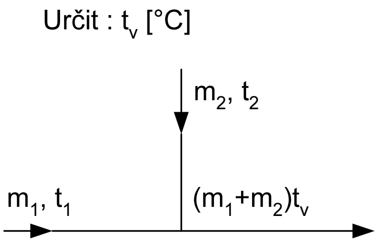
ZADÁNO:

m_1 = 5000 kg, m_2 = 2000 kg, t_1 = 90 °C, t_2 = 60 °C.

URČETE:

Výslednou teplotu vody t_v [°C].

VÝPOČET:



Obr. 4.1 *Směšování dvou proudů*

$$t_v = \frac{\sum_1^n m_i \cdot c_i \cdot t_i}{\sum_1^n m_i \cdot c_i} = \frac{c(m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2)}{c(m_1 + m_2)} = \frac{5000 \cdot 90 + 2000 \cdot 60}{5000 + 2000} = 81{,}4 \quad [°C]$$

4.2 Výpočet změny objemu spalin při ochlazování

Plynné spaliny, vznikající v ohništi parního kotle se ochladí z teploty 1100 °C na teplotu 180 °C. Kolikrát se změní jejich objem, probíhá-li ochlazování za stálého tlaku?

ZADÁNO:

t_1 = 1100 °C, t_2 = 180 °C.

URČETE:

Změnu objemu V_2.

VÝPOČET:

Řešení vyplývá ze zákona Gay-Lussacova

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{273+180}{273+1100} = \frac{453}{1373} = \rightarrow V_2 \doteq 0{,}33\,V_1$$

4.3 Výpočet vzniklého tepla v ložisku a potřebný průtok oleje pro chlazení

Vypočítat, kolik tepla se vybaví v radiálním ložisku při zatížení silou 32 000 N a kolik oleje musí pro zadané podmínky a chlazení ložiska protékat

ZADÁNO:

$d = 90$ mm, $F_N = 32\,000$ N, $n = 200$ ot/min., $c_{ol} = 2100$ kJ/kg K, $\rho = 850$ kg/m^3, $t_{vstup} = 25$ °C, $t_{výst} = 55$ °C, koef. tření $f_N = 0{,}05$.

URČETE:

P_Q [W], m_{ol} [kg/s], V [dm^3/min].

VÝPOČET:

Třecí síla

$$T = F_n \cdot f_N = 32\,000 \cdot 0{,}05 = 1600\ [\mathrm{N}]$$

Výkon této síly na dráze (o)

$$P_Q = T \cdot o \cdot \frac{n}{\tau} = 1600 \cdot \pi \cdot 0{,}09 \cdot \frac{200}{60} = 1508 \quad [\mathrm{W}]$$

Hmotnostní průtok oleje odvádějící teplo

$$m_{ol} = \frac{P_Q}{c_{ol} \cdot (t_{vstup} - t_{výst})} = \frac{1508}{2100 \cdot (55-25)} = 0{,}0239 \quad [\mathrm{kg/s}]$$

$$V = \frac{m_{ol}}{\rho} \cdot 60000 = \frac{0{,}0239}{850} \cdot 60000 \doteq 1{,}69 \quad [\mathrm{dm^3/min}]$$

4.4 Výpočet tepelného výkonu parního kotle

Kotel výkonu M_{jm} = 350 t/h, pára s entalpií 3300 kJ/kg vystupuje z kotle rychlostí 90 m/s. Voda s entalpií 250 kJ/kg vstupuje do kotle s rychlostí 2 m/s. Výškový rozdíl mezi vstupem a výstupem pracovní látky z kotle je 20 m

ZADÁNO:

M_{jm} = 350 t/h, i_{pa} = 3300 kJ/kg, c_1 = 2 m/s, i_{nv} = 250 kJ/kg, $h = h_2 - h_1$ = 20 m.

URČETE:

P_Q [MW].

VÝPOČET:

$$P_Q = M_{jm}\left[\left(i_{pa} - i_{nv}\right) + \frac{1}{2}\left(c_2^2 - c_1^2\right) + g\left(h_2 - h_1\right)\right] =$$

$$= \frac{350 \cdot 10^3}{3600}\left[\left(3300 - 250\right) \cdot 10^3 + \frac{1}{2}\left(90^2 - 2^2\right) + 9{,}81 \cdot 20\right] =$$

$$= 296{,}93 \cdot 10^6 \left[\mathrm{W}\right] = 296{,}93 \quad \left[\mathrm{MW}\right]$$

Tepelný výkon parního kotle při zanedbání kinetické a polohové energie

$$P_{Qj} = M_{jm}\left(i_{pa} - i_{nv}\right) = \frac{350 \cdot 10^3}{3600}\left(3300 - 250\right) \cdot 10^3 = 296{,}53 \cdot 10^6 \left[\mathrm{W}\right] =$$

$$= 296{,}53 \quad \left[\mathrm{MW}\right]$$

Chyba při zanedbání kinetické a polohové energie

$$\Delta\left[\%\right] = \frac{P_Q - P_{Qj}}{P_Q} \cdot 100 = \frac{296{,}93 - 296{,}53}{296{,}93} \cdot 100 = 0{,}135 \quad \left[\%\right]$$

Poznámka: *Chyba je minimální a proto se v praxi při výpočtu tepelného výkonu kotle kinetická a polohová energie zanedbává a používá se vztahů 7.1 a 7.2 [TPE].*

(Navazuje na „Technický průvodce energetika“ (TPE), BEN – technická literatura, Praha, 2002: část 1.6, 11.)

5.1 Operátor natočení fází

Úhel mezi fázory napětí nebo proudů jednotlivých fází je v souměrné trojfázové soustavě 120°. Operátor natočení fází je jednotkový vektor s úhlem 120°. Označuje se $\overline{a}$

ZADÁNO:

Fázory napětí trojfázové souměrné soustavy $\overline{U}_a$, $\overline{U}_b$, $\overline{U}_c$.

URČETE:

a) Základní vztahy pro operátor $\overline{a}$ a jeho mocniny.

b) Využití operátoru pro vyjádření fázorů napětí fází *b, c* ve vztahu k fázi *a.*

c) Nakreslete fázorový diagram napětí, je-li fáze *a* položena do reálné osy.

VÝPOČET:

a)

$$\overline{a} = e^{j\frac{2}{3}\pi} = cos\left(\frac{2}{3}\pi\right) + j \cdot sin\left(\frac{2}{3}\pi\right) = -\frac{1}{2} + j \cdot \frac{\sqrt{3}}{2};$$

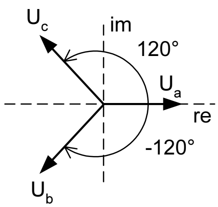
$$\overline{a}^2 = e^{j\frac{4}{3}\pi} = cos\left(\frac{4}{3}\pi\right) + j \cdot sin\left(\frac{4}{3}\pi\right) = -\frac{1}{2} - j \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\overline{a} + \overline{a}^2 = -1; \quad \overline{a} - \overline{a}^2 = j \cdot \sqrt{3}; \quad \frac{1}{\overline{a}} = \overline{a}^2$$

b)

$$\overline{U}_b = \overline{a}^2 \cdot \overline{U}_a; \qquad \overline{U}_c = \overline{a} \cdot \overline{U}_a$$

c) Fázorový diagram napětí je na *obr. 5.1*.



Obr. 5.1 *Fázorový diagram napětí*

5.2 Výpočet maximálních a efektivních hodnot proudu a napětí

Uvažujeme-li souměrnou trojfázovou soustavu proudů a napětí se sinusovým průběhem využíváme symbolicko-komplexní metodu a veličiny znázorňujeme ve tvaru fázorů, jak bylo naznačeno v příkladu 5.1. Pro různé účely se používá výpočet s maximálními hodnotami nebo s efektivními hodnotami. Normalizované hodnoty proudů i napětí jsou určovány jako efektivní. Jmenovitá napětí v normalizované řadě jsou efektivní hodnoty napětí sdružených

ZADÁNO:

a) $U_n = 400$ V.

b) $I_{ef} = 100$ A, napětí fáze a uvažujte o reálné ose $\overline{U}_a = U_f$, $\cos\varphi = 0{,}8_{ind}$.

URČETE:

a) Maximální hodnoty napětí jednotlivých fází.

b) Maximální hodnoty proudů v jednotlivých fázích.

VÝPOČET:

a)

$$\overline{U}_{a\,max} = \sqrt{2}\cdot\frac{400}{\sqrt{3}} \quad [\mathrm{V}]$$

$$\overline{U}_{b\,max} = \sqrt{2}\cdot\frac{400}{\sqrt{3}}\left(-\frac{1}{2}-j\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = -\frac{400}{\sqrt{6}} - j\cdot\frac{400}{\sqrt{2}} \quad [\mathrm{V}]$$

$$\overline{U}_{c\,max} = \sqrt{2}\cdot\frac{400}{\sqrt{3}}\left(-\frac{1}{2}+j\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = -\frac{400}{\sqrt{6}} + j\cdot\frac{400}{\sqrt{2}} \quad [\mathrm{V}]$$

b)

$$\bar{I}_{a\,max} = \sqrt{2}\cdot 100(cos\,\varphi + j\cdot sin\,\varphi) = 113{,}137 - j\cdot 84{,}85 \quad [\mathrm{A}]$$

$$\bar{I}_{b\,max} = \sqrt{2}\cdot 100[cos(\varphi-120°) + j\cdot sin(\varphi-120°)] = -130{,}053 - j\cdot 55{,}56 \quad [\mathrm{A}]$$

$$\bar{I}_{b\,max} = \sqrt{2}\cdot 100\bar{I}_{c\,max} = \sqrt{2}\cdot 100[cos(\varphi+120°) + j\cdot sin(\varphi+120°)] = 16{,}916 + j\cdot 140{,}41 \quad [\mathrm{A}]$$

Kontrola řešení: V souměrné soustavě musí platit:

$\overline{U}_a + \overline{U}_b + \overline{U}_c = 0; \quad \overline{I}_a + \overline{I}_b + \overline{I}_c = 0$

5.3 Výpočet zdánlivého výkonu v jednotlivých fázích trojfázového obvodu

Určete časový průběh výkonu, komplexní tvar výkonu

ZADÁNO:

$I = 100$ A; $U_n = 400$ V; $\varphi = 30°_{ind}$, tj. cos φ = 0,866, sin φ = –0,5, $u_a(t) = U_f \sin \omega t$; $i_a(t) = I_f \sin(\omega t - \varphi)$.

URČETE:

a) Časový průběh výkonů $s_a(t)$, $s_b(t)$, $s_c(t)$.

b) Komplexní tvar výkonů $\overline{S}_a$, $\overline{S}_b$, $\overline{S}_c$.

c) Velikost trojfázového výkonu S, P, Q.

VÝPOČET:

a)

$$s_a(t) = i_a(t) \cdot u_a(t) = 100 \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} \cdot sin\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right) \cdot sin(\omega t) =$$

$$= \frac{40000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[cos\left(-\frac{\pi}{6}\right) - cos\left(2\omega t - \frac{\pi}{6}\right)\right] = \frac{40000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{\sqrt{3}}{2} - cos\left(2\omega t - \frac{\pi}{6}\right)\right]$$

$$s_b(t) = i_b(t) \cdot u_b(t) = 100 \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} \cdot sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \frac{\pi}{6}\right) \cdot sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) =$$

$$= \frac{40000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[cos\left(-\frac{\pi}{6}\right) - cos\left(2\omega t - 2 \cdot \frac{2\pi}{3} - \frac{\pi}{6}\right)\right] =$$

$$= \frac{40000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{\sqrt{3}}{2} - cos\left(2\omega t - 2 \cdot \frac{2\pi}{3} - \frac{\pi}{6}\right)\right]$$

(*Navazuje na „Technický průvodce energetika“ (TPE), BEN – technická literatura, Praha, 2002: část 8, 9.)*

9.1 Tepelný oběh turbíny s regulovaným odběrem páry

Řešte tepelný oběh turbíny s regulovaným odběrem páry podle schématu v *obr. 9.1*. Vypočítejte hmotnostní průtok páry protitlakou částí turbíny, tepelný výkon výměníku (kondenzující pára-voda) a tepelné účinnosti oběhu. V řešení uvažujte ztráty škrcením v regulačním ventilu mezi protitlakou a kondenzační částí turbíny

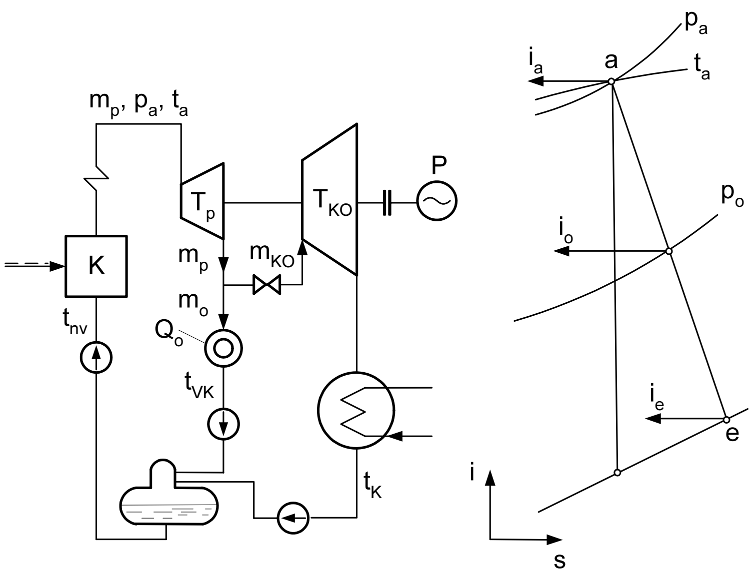
ZADÁNO:

$P = 15$ MW; $p_a = 9$ MPa; $t_a = 500$ °C; $p_e = 4$ kPa; $m_0 = 40 \,.\, 10^3$ kg/h; $p_0 = 0{,}5$ MPa; $\eta_{td} = 0{,}76$; $\eta_m = 0{,}96$; $\eta_a = 0{,}97$.

URČETE:

m_p [kg/h]; Q_0 [GJ/h]; t_{nv} [°C]; η_{tsv} [1]; η_{to} [1]; η_{tc} [1].

VÝPOČET:



Obr. 9.1 Oběh s turbínou s regulovaným odběrem páry

Podle expanzní čáry turbíny v *obr. 9.1* určíme entalpie admisní, odběrové a emisní páry, teplotu kondenzující páry z tabulek či programem na PC.

$$i_a = 3387 \text{ kJ/kg}; \; i_o = 2950 \text{ kJ/kg}; \; i_e = 2554 \text{ kJ/kg}; \; p_o = 0{,}5 \text{ MPa} \Rightarrow t_{vk} = 152\ °\text{C};$$
$$p_e = 4 \text{ kPa}; \Rightarrow t_k = 29\ °\text{C}$$

Hmotnostní průtok páry protitlakou částí turbíny $m_p = m_0 + m_{k0}$ se určí řešením bilanční rovnice

$$3600 \cdot P = \left[m_p\,(i_a - i_0) + (m_p - m_0)(i_0 - i_e)\right] \cdot \eta_m \cdot \eta_a$$

$$m_p = \frac{3600 \cdot P + m_0(i_0 - i_e)}{(i_a - i_e)} = \frac{3600 \cdot 15 \cdot 10^3 + 40 \cdot 10^3 (2950 - 2554) \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}97}{(3387 - 2554) \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}97} =$$
$$= 88631\,[\text{kg/h}]$$

Tepelná energie odebíraná z výměníku kondenzující pára – voda

$$Q_0 = m_0\,(i_0 - c_w \cdot t_{vk}) = 40 \cdot 10^3\,(2950 - 4{,}18 \cdot 152) = 92{,}6\,[\text{GJ/h}]$$

Tepelnou účinnost oběhu, vztaženou na svorky alternátoru, lze určit po určení teploty napájecí vody do kotle z bilanční rovnice napájecí nádrže s odplyňovačem (zanedbává se odluh kotle a přívod topné páry do odplyňováku)

$$m_p \cdot c_w \cdot t_{nv} = m_0 \cdot c_{vk} + (m_p - m_0)\,c_w \cdot t_k$$

$$t_{nv} = \frac{m_0 \cdot c_w \cdot t_{vk} + (m_p - m_0) \cdot c_w \cdot t_k}{m_p \cdot c_w} = \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 4{,}18 \cdot 152 + (88{,}631 - 40) \cdot 10^3 \cdot 4{,}18 \cdot 29}{88{,}631 \cdot 10^3 \cdot 4{,}18} =$$
$$= 84{,}5\,[°\text{C}]$$

$$\eta_{tsv} = \frac{3600 \cdot P}{m_p(i_a - c_w \cdot t_{nv})} = \frac{3600 \cdot 15 \cdot 10^3}{88{,}631 \cdot 10^3 (3387 - 4{,}18 \cdot 84{,}5)} = 0{,}2$$

Tepelná účinnost oběhu, vztažená pouze na teplo dodané odběrateli

$$\eta_{to} = \frac{Q_0}{m_p(i_a - c_w \cdot t_{nv})} = \frac{92{,}6 \cdot 10^6}{88{,}631 \cdot 10^3 (3387 - 4{,}18 \cdot 84{,}5)} = 0{,}3454$$

Účinnost oběhu, vztažená na svorkový výkon alternátoru i na dodávku tepla (využití tepla dodaného do oběhu)

$$\eta_{tc} = \frac{3600 \cdot P + Q_0}{m_p(i_a - c_w \cdot t_{nv})} = \frac{3600 \cdot 15 \cdot 10^3 + 92{,}6 \cdot 10^6}{88{,}631 \cdot 10^3 (3387 - 4{,}18 \cdot 84{,}5)} = 0{,}5452$$

9.2 Výpočet hmotnostního průtoku chladicí vody a chladicí poměr kondenzátoru turbíny

Do kondenzátoru parní kondenzační turbíny se přivádí m_k = 74,2 . 10^3 kg/h mokré páry z turbíny o tlaku p_e = 4 kPa a entalpii i_e = 2253 kJ/kg. Přípustné oteplení chladicí vody je Δt_w = 10 °C. Vypočítejte potřebný hmotnostní průtok chladicí vody a chladicí poměr kondenzátoru. Vypočítejte údaj rtuťového vakuoměru připojeného ke kondenzátoru, je-li v době měření atmosférický tlak p_{bar} = 97,3 kPa

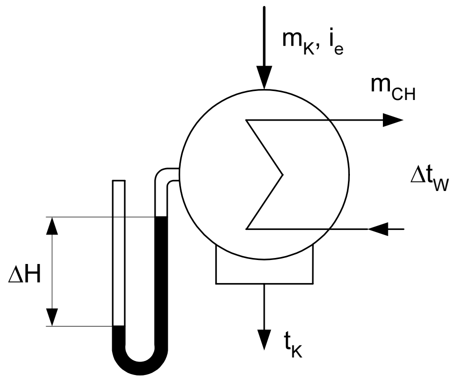
ZADÁNO:

m_k = 74,2 . 10^3 kg/h; p_e = 4 kPa; i_e = 2253 kJ/kg; Δt_w = 10 °C.

URČETE:

m_{ch} [kg/h]; μ [1]; H [mmHg].

VÝPOČET:



Obr. 9.2 Kondenzátor parní turbíny

Bilanční rovnice kondenzátoru

$$m_k\left(i_e - c_w \cdot t_k\right) = m_{ch} \cdot c_w \cdot \Delta t_w$$

Z tabulek tlaku v kondenzátoru odpovídá na mezi sytosti teplota kondenzátoru t_k = 29 °C

$$m_{ch} = \frac{m_k\left(i_e - c_w \cdot t_k\right)}{c_w \cdot \Delta t_w} = \frac{74{,}2 \cdot 10^3\left(2253 - 4{,}18 \cdot 29\right)}{4{,}18 \cdot 10} = 3{,}78 \cdot 10^6\ [\text{kg/h}]$$

Chladicí poměr kondenzátoru

$$\mu = \frac{m_{ch}}{m_k} = \frac{3{,}78 \cdot 10^6}{74{,}2 \cdot 10^3} = 50{,}94$$

Tlak měřený vakuometrem

$$p = p_{bar} - p_e = 97{,}3 - 4 = 93{,}3\,[\text{hPa}] \Rightarrow 699{,}75\,[\text{mmHg}]$$

9.3 Hmotnostní průtok páry kondenzační turbíny s neregulovanými odběry

Pro parní kondenzační turbínu se třemi neregulovanými odběry se jmenovitým svorkovým výkonem 12 MW vypočtěte hmotnostní průtok páry

ZADÁNO:

Parametry páry

admisní

$p_a = 9$ MPa; $t_a = 480$ °C; $i_a = 3336$ kJ/kg

emisní

$p_e = 5$ kPa; $i_e = 2275{,}5$ kJ/kg

odběry

$p_{o1} = 2$ MPa; $i_{o1} = 3050$ kJ/kg; $\alpha_{o1} = 0{,}069$

$p_{o2} = 1$ MPa; $i_{o2} = 2925$ kJ/kg; $\alpha_{o2} = 0{,}064$

$p_{o3} = 0{,}15$ MPa; $i_{o3} = 2640$ kJ/kg; $\alpha_{o3} = 0{,}054$

Účinnost

- alternátoru $\eta_a = 0{,}965$
- mechanická turbíny $\eta_m = 0{,}995$
- objemová turbíny $\eta_v = 0{,}975$

URČETE:

Hmotnostní tok admisní páry turbínou pro zadané parametry.

VÝPOČET:

Parametry páry v místech jednotlivých odběrů byly získány zakreslením expanzní čáry do i-s diagramu v průsečících této čáry se zadanými tlaky odběru a s uvážením vnitřních ztrát jednotlivých částí turbíny.