

Erőművek (Nappali)

Tantárgy Neptun kódja: Nappali: **GEAHT442-B**

Tárgyfelelős intézet:EVG - Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

Tárgyfelelős: Dr. Bencs Péter - egyetemi

docens **Óraszám/hét:** 2 óra előadás+1 óra

gyakorlat **Számonkérés módja:** kollokvium

Kreditpont: 3

Tárgy tematikus leírása:

1. hét Hőerőművek általános ismertetése. Erőműtípusok a magyar erőműrendszer rövid ismertetése.
2. hét Energiahordozók, primer energia hordozók. Fosszilis energia hordozók. Égéshő, égés-meleg, fűtőérték.
3. hét Tüzelőanyag égése, égéstermék összetétele. Égési feltételek. Égésellenőrzés.
4. hét Tüzelőberendezések. Rostélytüzelés, szénportüzelés, szén hidrogéntüzelés. Környezetvédelmi problémák.
5. hét Gőzkörfolyamatú hőerőművek elméleti és valóságos körfolyamatai.
6. hét A kazánhatásfok. Gőzkazánok gőz és vízdoldali kapcsolási módjai.
7. hét A kazán szerkezeti elemei, kazándob, kazánfalazat, túlhevítő, újrahevítő, EKO.
8. hét Zárthelyi
9. hét A kazán segédberendezései. Kazán tápszivattyú, szívó- és nyomó ventilátor. Levegő előmelegítők.
10. hét Pernyeleválasztás, kéntelenítés, NO_x mentesítés.
11. hét Az erőművek hűtőrendszerei. Hűtőtornyok, felületi, illetve keverő kondenzátorok.
12. hét Tápvíz előmelegítés módja, előnyei.
13. hét Erőművi gőzturbinák. Turbina szabályozás.
14. hét Elővizsga és Pótzárthelyi

ERŐMŰVEK

Zárthelyi AA

1. Az $m = 0,9 \text{ kg}$ tömegű $p_1 = 15 \text{ bar}$ és $t_1 = 250 \text{ }^\circ\text{C}$ állapotú ideális gáz zárt rendszerben $p_2 = 1,5 \text{ bar}$ nyomásra expandál. Az expanzió reverzibilis és politrópikus ($n = 1,25$). Meghatározandó a véghőmérséklet, a térfogatváltozási munka, a hő és az entrópiaváltozás! Ábrázolja a folyamatot $p-v$ és $T-s$ diagramon!

Adatok: $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$, $\kappa = 1,4$. **25 pont**

2. Egy reverzibilis Rankine-Clausius körfolyamatban a kazánnyomás $p = 42 \text{ bar}$, a túlhevítési hőmérséklet $t = 500 \text{ }^\circ\text{C}$, a kondenzátornyomás pedig $p_0 = 0,035 \text{ bar}$. A tápszivattyú munkáját elhanyagolva meghatározandó a körfolyamat termikus hatásfoka, a munkaarány, a fajlagos gőzfogyasztás és közepes hőbetáplálási hőmérséklet!

Állapotjelzők

$p = 42 \text{ bar}$ nyomáson és
 $t = 500 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten:

$$\begin{aligned} s &= 7,066 \text{ kJ/kgK}, \\ h &= 3442,6 \text{ kJ/kg}, \end{aligned}$$

$p_0 = 0,035 \text{ bar}$ nyomáson:

$$\begin{aligned} h'_0 &= 112 \text{ kJ/kg}, & h''_0 &= 2550 \text{ kJ/kg}, \\ s'_0 &= 0,391 \text{ kJ/kgK}, & s''_0 &= 8,5211 \text{ kJ/kgK}. \end{aligned}$$

25 pont

MEGOLDÁS (AA):

$$1. T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} = 523,15 \cdot \left(\frac{1,5}{15} \right)^{\frac{0,25}{1,25}} = 330,085 \text{ K}$$

$$W'_{12} = m w'_{12} = m \frac{RT_1}{n-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] =$$

$$= 0,9 \cdot \frac{0,287 \cdot 523,15}{1,25 - 1} \left[\left(\frac{1,5}{15} \right)^{\frac{0,25}{1,25}} - 1 \right] = -199,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$c_n = c_{v0} \frac{n - \kappa}{n - 1} = 0,717 \frac{1,25 - 1,4}{1,25 - 1} = -0,4302 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$Q_{12} = m c_n (T_2 - T_1) = 0,9 \cdot (-0,4302) \cdot (330,085 - 523,15) = 74,75 \text{ kJ}$$

$$S_2 - S_1 = m c_n \ln \frac{T_2}{T_1} = 0,9 \cdot (-0,4302) \cdot \ln \frac{330,085}{523,15} = 0,178 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$2. x_6 = \frac{s - s'_0}{s''_0 - s'_0} = \frac{7,066 - 0,391}{8,5211 - 0,391} = 0,8210 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

$$h_6 = h'_0 + x_6 (h''_0 - h'_0) = 112 + 0,8210 \cdot (2550 - 112) = 2113,65 \text{ kJ/kg}$$

$$w_t = w_{t,56} = h_6 - h_5 = 2113,65 - 3442,6 = -1328,95 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_t \cong \frac{h_5 - h_6}{h_5 - h'_0} = \frac{3442,6 - 2113,65}{3442,6 - 112} = 0,3990$$

$$r_w \cong 1$$

$$g = -\frac{3600}{w_t} = -\frac{3600}{-1328,95} = 2,71 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$$

$$T_k = \frac{h_5 - h'_0}{s_5 - s'_0} = \frac{3442,6 - 112}{7,066 - 0,391} = 498,96 \text{ }^\circ\text{C}$$

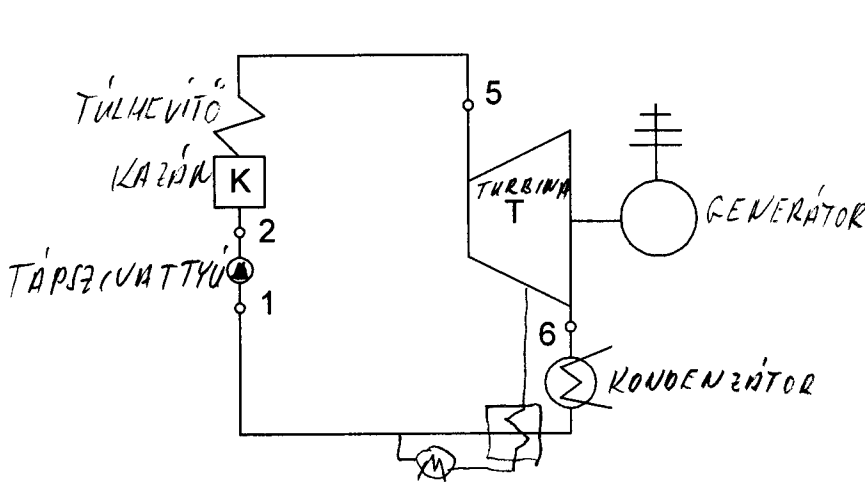
ERŐMŰVEK - VIZSGAZÁRTHELYI DOLGOZAT

Alap Rankine-Clausius-körfolyamat

$s_5 := 6.415$ kJ/kgK $h_5 := 3291$ kJ/kg $\dot{m} = \dot{m}_p := 85$ kg/s
 $h' = h_{1v} := 137.83$ kJ/kg $h'' = h_{2v} := 2561$ kJ/kg \rightarrow a túlhevített gőz entropiája
 $\Delta s_{1v} := 0.4761$ kJ/kgK $s = s_{2v} := 8.393$ kJ/kgK \rightarrow a túlhevített gőz entalpiája
 Adatok: \rightarrow tömegáram, A kondenzátor nyomáson a fázisjellemzői

Mekkora a körfolyamat termikus hatásfoka és a körfolyamatból kinyerhető teljesítmény?

I. Elvi kapcsolási rajz és a körfolyamat T-s diagramja:



II. A feladat megoldása:

a) A betáplált fajlagos hő:

$$q_{be} := h_5 - h_{1v} \quad q_{be} = 3.153 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$$

b) Az izentrópius expanzió miatt a kondenzátorba érkező gőz entropiája: $s_6 := s_5$

A kondenzátorba érkező gőz gőztartalma:

$$x_6 := \frac{s_6 - s_{1v}}{s_{2v} - s_{1v}} \quad x_6 = 0.75$$

A kondenzátorba érkező gőz entalpiája:

$$h_6 := h_{1v} + x_6 \cdot (h_{2v} - h_{1v}) \quad h_6 = 1.956 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$$

A kondenzátorban elvont fajlagos hő:

$$q_{16} := h_{1v} - h_6 \quad q_{elv} := q_{16} \quad q_{elv} = -1.818 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$$

c) A körfolyamat termikus hatásfoka:

$$\eta_t := 1 - \frac{|q_{elv}|}{q_{be}} \quad \eta_t = 0.424$$

d) A körfolyamatból nyerhető teljesítmény:

$$P := \dot{m}_p \cdot (h_5 - h_6) \cdot 10^{-3} \quad P = 113.51 \text{ MW}$$

↑
 ez csak azért van mert a h_5 és h_6 kJ/kg -ban van behelyettesítve.

2

REGENERATÍV RANKINE-CLAUSIUS-KÖRFOLYAMAT

An első oldal ugyan az, mint az ALAP RANKINE-CLAUSIUS-KÖRFOLYAMAT!

Egyfokozatú regeneratív tápvíz előmelegítés

Adatok: $T_{túlh} := 450 \text{ } ^\circ\text{C}$ $p := 100 \text{ bar}$
↳ a túlhevítés hőmérséklete

A túlhevített gőz jellemzői
 $s_5 := 6.415 \text{ kJ/kgK}$ $h_5 := 3291 \text{ kJ/kg}$ $\dot{m}_g := m_{pg} := 85 \text{ kg/s}$
↳ a gőz tömegáramlása

A kondenzátor nyomáson a fűtővíz jellemzői
 $p_k := 0.05 \text{ bar}$ kondenzátor nyomáson
 $h' = h_{1v} := 137.83 \text{ kJ/kg}$
a fűtővíz jellemzői
 $s' = s_{1v} := 0.4761 \text{ kJ/kgK}$
 $h'' = h_{2v} := 2561 \text{ kJ/kg}$
 $s'' = s_{2v} := 8.393 \text{ kJ/kgK}$
↳ a kondenzátor nyomáson a gőz jellemzői

a) A betáplált fajlagos hő:

$$q_{be} := h_5 - h_{1v} \quad q_{be} = 3.153 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$$

b) A kondenzátorba érkező gőz gőztartalma:

$$x_6 := \frac{s_5 - s_{1v}}{s_{2v} - s_{1v}} \quad x_6 = 0.75$$

↳ Az izentropikus expanzió miatt a kondenzátorba érkező gőz entropiája $s_6 := s_5$

A kondenzátorba érkező gőz entalpiája:

$$h_6 := h_{1v} + x_6 \cdot (h_{2v} - h_{1v}) \quad h_6 = 1.956 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$$

A kondenzátorban elvont fajlagos hő:

$$q_{61} := h_{1v} - h_6 \quad q_{elv} := q_{61} \quad q_{elv} = -1.818 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$$

c) A körfolyamat termikus hatásfoka:

$$\eta_t := 1 - \frac{|q_{elv}|}{q_{be}} \quad \eta_t = 0.424$$

d) A körfolyamatból nyerhető teljesítmény:

$$P := m_{pg} \cdot (h_5 - h_6) \cdot 10^{-3} \quad P = 113.51 \text{ MW}$$

Mennyivel javul a körfolyamat termikus hatásfoka, ha egyfokozatú regeneratív tápvizelőmelegítést alkalmazunk?

Az előmelegítőhöz jutó gőz mennyisége

$p_e := 16$ bar

→ az előmelegítőhöz jutó gőz entalpiája

$h_e := 2798.31$ kJ/kg

↳ az előmelegítőt elhagyó nedves gőz entalpiája

$h_e' = h_{e1v} := 880$ kJ/kg

A megcsapolt gőz tömegárama:

$$m_{pe} := m_{pg} \cdot \frac{h_{e1v} - h_{1v}}{h_e - h_{1v}} \quad m_{pe} = 23.712 \quad \text{kg/s}$$

A megcsapolt turbina teljesítménye:

$$P_{reg} := [m_{pg} \cdot (h_5 - h_e) + (m_{pg} - m_{pe}) \cdot (h_e - h_6)] \cdot 10^{-3} \quad P_{reg} = 93.528 \quad \text{MW}$$

A kondenzátorban elvont hő:

$$Q_{pelv} := 10^{-3} \cdot (m_{pg} - m_{pe}) \cdot (h_{1v} - h_6) \quad Q_{pelv} = -111.407 \quad \text{MW}$$

A kazánban betáplált hő:

$$Q_{pbe} := 10^{-3} \cdot m_{pg} \cdot (h_5 - h_{e1v}) \quad Q_{pbe} = 204.935 \quad \text{MW}$$

A regeneratív körfolyamat hatásfoka

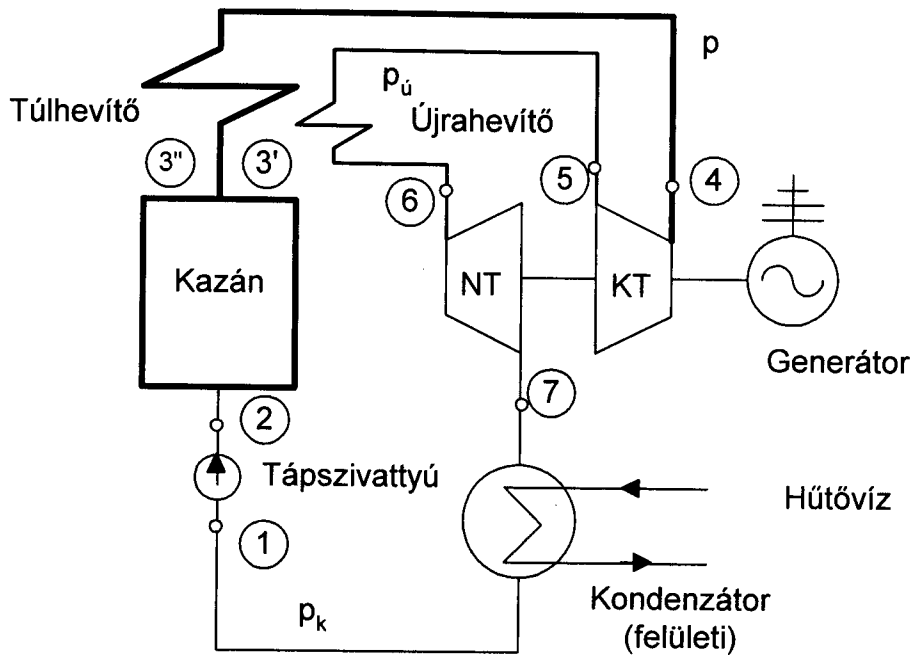
$$\eta_{treg} := \frac{m_{pg} \cdot (h_5 - h_e) + (m_{pg} - m_{pe}) \cdot (h_e - h_6)}{m_{pg} \cdot (h_5 - h_{e1v})} \quad \eta_{treg} = 0.456$$

A hatásfokjavulás mértéke:

$$\Delta\eta_t := \frac{\eta_{treg} - \eta_t}{\eta_t} \cdot 100 \quad \Delta\eta_t = 7.76 \quad \%$$

3

Újrahevítéses Rankine-Clausius-körfolyamat



A körfolyamat jellegzetes pontjainak adatai:

$h_4 := 3362$	kJ/kg	$s_4 := 6.55$	kJ/(kgK)
$h' = h_{1v} := 120$	kJ/kg	$s' = s_{1v} := 0.42$	kJ/(kgK)
$h'' = h_{2v} := 2553$	kJ/kg	$s'' = s_{2v} := 8.5$	kJ/(kgK)
$h_6 := 3453$	kJ/kg	$s_6 := 7.24$	kJ/(kgK)
$h_5 := 2990$	kJ/kg		

$p := 110$ bar

$p_u := 30$ bar

$p_k := 0.05$ bar

újrahevítés nyomás
kondenzátor nyomás

Az alapkörfolyamat jellemzői

A bevezetett fajlagos hőmennyiség:

$q_{bea} := h_4 - h_{1v}$

$q_{bea} = 3.242 \times 10^3$ kJ/kg

A turbinát elhagyó gőz állapotjelzői

$x_{as} := \frac{s_4 - s_{1v}}{s_{2v} - s_{1v}}$

$x_{as} = 0.759$ kg/kg

$h_{as} := h_{1v} + x_{as} \cdot (h_{2v} - h_{1v})$

$h_{as} = 1.966 \times 10^3$ kJ/kg

A kondenzátorban elvont fajlagos hőmennyiség:

$$q_{elva} := h_{1v} - h_{as}$$

$$q_{elva} = -1.846 \times 10^3 \quad \text{kJ/kg}$$

Fajlagos technikai munka

$$w_{ta} := -(q_{bea} + q_{elva})$$

$$w_{ta} = -1.396 \times 10^3 \quad \text{kJ/kg}$$

Az alapkörfolyamat termikus hatásfoka

$$\eta_{ta} := \frac{-w_{ta}}{q_{bea}} \quad \eta_{ta} = 0.431$$

A közbenső túlhevítést alkalmazó körfolyamat jellemzői

Fajlagosan betáplált hő

$$q_{ber} := (h_4 - h_{1v}) + (h_6 - h_5)$$

$$q_{ber} = 3.705 \times 10^3 \quad \text{kJ/kg}$$

A turbinát elhagyó gőz állapotjelzői

$$x_{7s} := \frac{s_6 - s_{1v}}{s_{2v} - s_{1v}}$$

$$x_{7s} = 0.844 \quad \text{kg/kg}$$

$$h_{7s} := h_{1v} + x_{7s} \cdot (h_{2v} - h_{1v})$$

$$h_{7s} = 2.174 \times 10^3 \quad \text{kJ/kg}$$

Az elvont fajlagos hő:

$$q_{elv} := h_{1v} - h_{7s}$$

$$q_{elv} = -2.054 \times 10^3 \quad \text{kJ/kg}$$

A körfolyamat termikus hatásfoka

$$\eta_t := 1 + \frac{q_{elv}}{q_{ber}} \quad \eta_t = 0.446$$

A hatásfokjavulón mértéke.

$$\Delta\eta := \frac{\eta_t - \eta_{ta}}{\eta_{ta}} \cdot 100$$

$$\Delta\eta = 3.5 \quad \%$$