

Hőtechnikai gépek (Nappali)

Tantárgy Neptun kódja: Nappali: **GEAHT413-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: 5

Tárgy tematikus leírása:

1. hét Gőzturbinák hőkörfolyamata.
2. hét A turbinafokozat, többfokozatú gőzturbinák.
3. hét Gőzturbinák hőkörfolyamata.
4. hét A turbinafokozat, többfokozatú gőzturbinák.
5. hét Gőzturbinák szabályozása, szerkezetei.
6. hét Energiaátalakítás gázturbina fokozatokban.
7. hét Energiaátalakítás gázturbina fokozatokban. Energiaátalakítás kompresszorokban. Karakterisztikák.
8. hét Zárthelyi
9. hét Belsőégésű motorok szerkezeti felépítése.
10. hét Körfolyamatok.
11. hét A belsőégésű motorok hűtési rendszere.
12. hét A belsőégésű motorok üzemi jellemzői, motormérések, indikáló berendezések.
13. hét A motor fő méreteinek meghatározása.
14. hét Elővizsga és Pótzárthelyi

HŐTECHNIKAI GÉPEK

ZÁRTHELYI DOLGOZAT	Név:
	Neptun kód:
	Összpontszám (≥ 16 pont):

A hőmérséklet abszolút nulla pontja közelében - kivételével – minden anyag szilárd halmazállapotban van.							
1. argon	2. oxigén	3. hélium	4. hidrogén	1	2	3	4
						X	
A nedves gőz fajtérfogata: $v = v' + x \cdot (? - v')$							
1. v''	2. v'	3. v	4. $1 - v''$	1	2	3	4
				X			
Olvasás során fázisátalakulás zajlik, amely során a hőmérséklet.....!							
1. növekszik	2. csökken	3. $= T_{krit}$	4. nem változik	1	2	3	4
							X
Az $x=0$ és az $x=1$ görbe.							
1. szilárd, gáz	2. folyadék, szilárd	3. forrási, kondenzációs	4. szilárd, kondenzációs	1	2	3	4
						X	
A olyan fázisátalakulás, amelynél a szilárd halmazállapotú anyag átmegy gőzállapotba.							
1. szublimáció	2. olvadás	3. párolgás	4. dermedés	1	2	3	4
				X			
Gőznemű közeggel dolgozó hőerőgép (RC) esetén az összes hőbeviteli lehetőség: módon történik.							
1. izochor	2. izoterm	3. izobár	4. izentróp	1	2	3	4
						X	
A Clapeyron-Clausius egyenlet: $r = T \cdot (...) \cdot dp/dT$							
1. $s' - s''$	2. $v'' - v'$	3. $h' - h''$	4. $s'' - s'$	1	2	3	4
					X		
Gőznemű közeggel dolgozó hőerőgép (Rankine-Clausius) esetén a munka be-, illetve kivételi helye az alábbiak:							
1. tápszivattyú (kompresszió), turbina, (expanzió)	2. tápszivattyú (kompresszió), kondenzátor, (expanzió)	3. kazán (kompresszió), turbina, (expanzió)	4. túlhevítő (kompresszió), kondenzátor, (expanzió)	1	2	3	4
				X			
Ha a rendszer határán anyag átlép, a rendszer.							
1. zárt	2. nyitott	3. diatermikus	4. adiabatikus	1	2	3	4
					X		
Állandó térfogaton érvényes fajhő: $c_v(?, v) = (\partial u / \partial ?)_v$							
1. V	2. s	3. p	4. T	1	2	3	4
							X

Helyes választ kérjük a megfelelő helyre tett X-el jelölje! (például az alábbi jelölést alkalmazza)!
 Rossz válasz esetén -1 pont, helyes válasz esetén 2 pont!!!

1	2	3	4
	X		

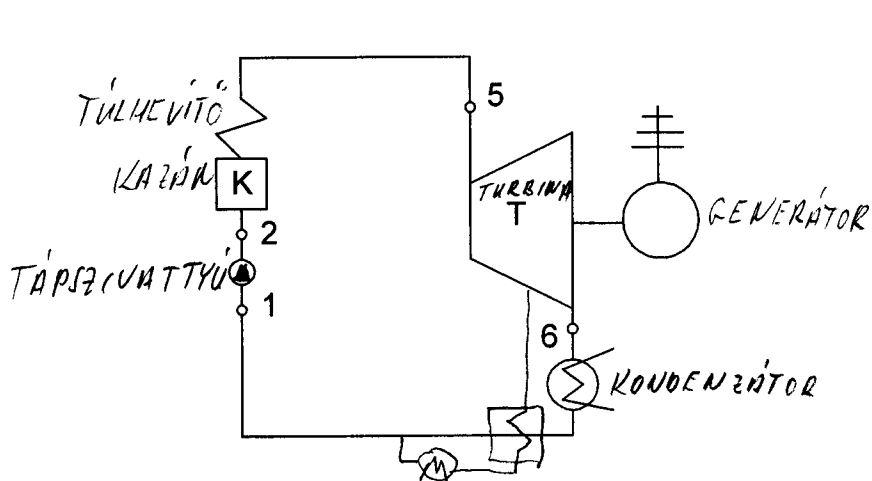
Alap Rankine-Clausius-körfolyamat

→ a túlhevített gőz entrópiája
→ a túlhevített gőz entalpiája
→ tömegáram
A kondenzátor nyomon a gőz jellemzői

Adatok: $s_5 := 6.415$ kJ/kgK $h_5 := 3291$ kJ/kg $\dot{m} = \dot{m}_p := 85$ kg/s
A kondenzátor nyomon a gőz jellemzői $\left\{ \begin{array}{l} h' - h_{1v} := 137.83 \\ \Delta' - s_{1v} := 0.4761 \end{array} \right\}$ kJ/kgK $\left\{ \begin{array}{l} h'' - h_{2v} := 2561 \\ s'' - s_{2v} := 8.393 \end{array} \right\}$ kJ/kgK

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:

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

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

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:

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

A kondenzátorban elvont fajlagos hő:

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

c) A körfolyamat termikus hatásfoka:

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

d) A körfolyamatból nyerhető teljesítmény:

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

↑ 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 tápvízlemelegítés

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 trmikus 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

→ az előmelegítőhöz jutó gőz entalpiája

$p_e := 16$ bar

$h_e := 2798.31$ kJ/kg

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

↳ az előmelegítőt elhagyó nedves gőz entalpiája

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

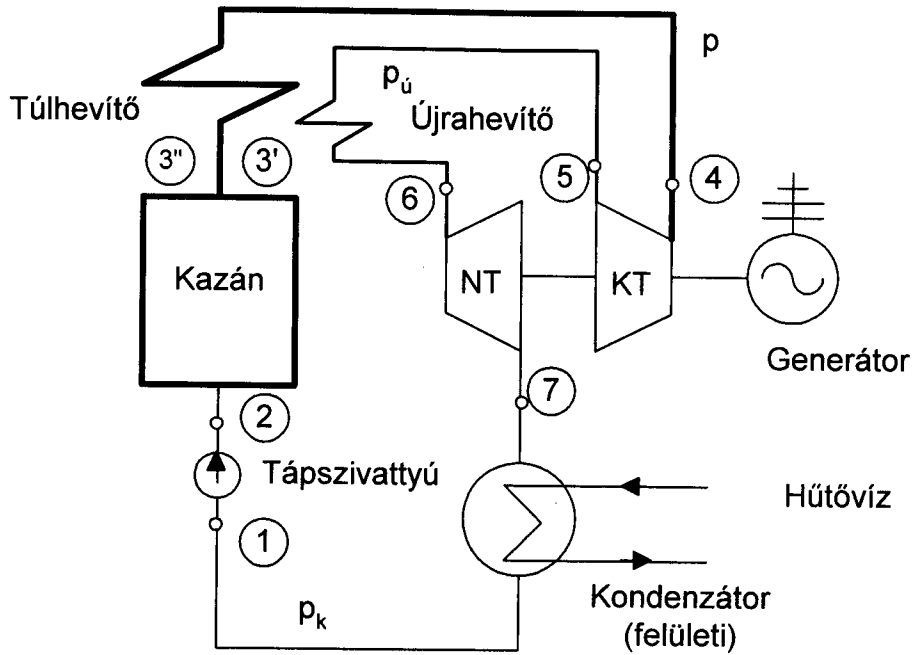
$$\eta_{treg} := \frac{m_{pg} \cdot (h_5 - h_e) + (m_{pg} - m_{pe}) \cdot (h_e - h_6)}{m_{pg} \cdot (h_5 - h_{e1v})} \quad \eta_{treg} = 0.456$$

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:

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

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

A turbinát elhagyó gőz állapotjelzői

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

$$x_{as} = 0.759 \text{ kg/kg}$$

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

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

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.

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

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