

Zadaci termoelektrane sa parnom turbinom

1. Kilogram idealnog gasa ($R=287\text{J/kgK}$ i $k=1,4$), pritiska 1,5 bara i temperature $200\text{ }^\circ\text{C}$, posmatrajte kao zatvoreni mirujući sistem koji se, pri konstantnom pritisku, 1,5 bar, hladi do $100\text{ }^\circ\text{C}$. Odrediti mehanički rad zatvorenog sistema i toplotnu energiju koju pritom sistem razmenjuje sa okolinom pritiska 1 bar i temperature $20\text{ }^\circ\text{C}$.

Rešenje:

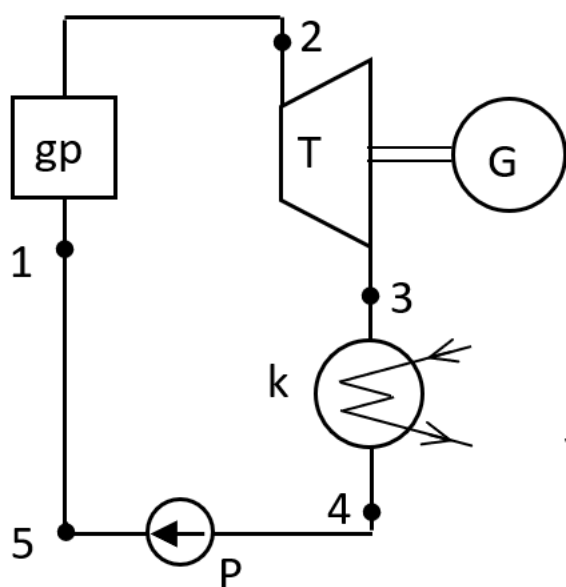
$$W_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV = p \cdot (V_2 - V_1) = R \cdot (T_2 - T_1) = 0,287(100 - 200) = -28,7 \text{ kJ/kg}$$

```
%1 zadatak
R=287; %[J/kgK] konstante idealnog gasa
k=1.4;
p1=1.5; % bar
t1=200; % °C
t2=100; % °C
p0=1; % bar
t0=20;
W12=R*(t2-t1) %[J/kg]
```

A=-28700 J

2. U termoelektrani sa parnom turbinom odvija se idealni Rankineov kružni proces. Na ulazu u turbinu parametri pare su: pritisak 6,89 MPa, temperatura $516\text{ }^\circ\text{C}$ i entalpija $3449,3\text{ kJ/kg}$. Protok pare je 136 kg/s . Na izlazu iz turbine parametri mokre pare su: pritisak $20,68\text{ kPa}$ i entalpija $2262,54\text{ kJ/kg}$. Entalpija vode na ulazu u kotao iznosi $261,4\text{ kJ/kg}$. Odrediti stepen korisnog dejstva kružnog procesa i snagu turbine? Proračun izvršiti s konstantnom specifičnom zapreminom kondenzata (vode) $v = 0,001\text{ m}^3/\text{kg}$.

Rešenje: Potrebno je nacrtati h-S ili T-S dijagram kao i zamensku šemu, odakle se prepoznaju vrednosti vezuju za pojedine elemente procesa.



Sa slike se može uočiti da su ulazni podaci:

$p_2=6,89\text{ MPa}$ pritisak na ulasku u turbine
 $T_2=789,15[\text{K}]$
 $h_2=3449,3\text{ kJ/kg}$
 $q=136\text{ [kg/s]}$ protok pare
 $V=0,001[\text{m}^3/\text{kg}]$
 $p_3=20,68\text{ kPa}$ pritisak na izlasku iz turbine
 $p_1=p_2$ i $p_4=p_3$ dva adijabatska procesa
 $h_3=2262,54\text{ kJ/kg}$
 $h_1=261,4\text{ kJ/kg}$
 Za generator pare, gp, važi: $dQ=h_2-h_1$ ($W=A=0$)
 Za turbinu, T, važi: $A_{23}=h_2-h_3$
 Za pumpu, P, važi: $A_{41}=h_4-h_1$ $A_{41}=V(p_4-p_1)$
 Za kondenzator, k, važi: $dQ=h_4-h_3$ ($W=A=0$)

$$A_{23}=h_2-h_3=3449,3 - 2262,54= 1186,76 \text{ kJ/kg rad na turbini}$$

$$P_t=A_{23}\times q=1186,76 \text{ kJ/kg} \times 136\text{kg/s}=161,4 \text{ MW [J/s] snaga turbine}$$

$$A_{41}=V\times(p_4-p_1)=0.001\text{m}^3/\text{kg}\times(0,2068-6,89)=-6,87 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4=A_{41}+h_1$$

$$Q_1=(h_2-h_1)=3187,9 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta=(A_{23}+A_{41})/Q_1=(1186,76-6,87)/3187,9=0,37$$

Stepen korisnog dejstva procesa je 0.37.

Snaga turbine je 161.4 MW.

Matlab kod nije obavezan, ali može pomoći kod automatizacije proračuna pri promeni ulaznih podataka (treba da služi za proveru ko želi da koristi MATLAB):

Najbitnija funkcija koja je korišćena u rešavanju zadataka je integrisana MATLAB funkcija "XSteam". Pozivanjem različitih podfunkcija u sklopu ove funkcije na osnovu ulaznih parametara mogu se dobiti vrednosti entalpije, entropije, pritiska, temperature, gustine i zasićenosti vodene pare.

Funkcija se poziva na sledeći način:

Xsteam('funkcija', uslov1, uslov2);

Neke od bitnijih funkcija su:

- h_{pT} – vrednost entalpije za pritisak p (uslov 1) i temperaturu T (uslov 2)
- h_{sT} – vrednost entalpije za entropiju s i temperaturu T
- s_{pT} – vrednost entropije za pritisak p i temperaturu T
- x_{ps} – vrednost zasićenosti vodene pare za pritisak p i entropiju s
- T_{ps} – vrednost temperature za pritisak p i entropiju s

Bitno je napomenuti da su jedinice dobijenih i zadatih veličina :

- bar za pritisak
- °C za temperaturu
- kJ/kg za entalpiju
- kJ/kg °C za entropiju

```
p2=68.9 ; %[bar] pritisak na ulasku u turbinu
T2=789.15; %[°K]
t2=T2-273.15; %[°C]
h2=XSteam('h_pt',p2,t2) %[kJ/kg]
q=136; %protok pare [kg/s]
V=0.001; %[m3/kg]
p3=0.2068 ; % [bar] pritisak na izlasku iz turbine
p1=p2;
p4=p3;
h3=2262.54;
t3=XSteam('T_ph',p3,h3)
h1=261.4;
A23=(h2-h3)*1e+3; %rad na turbini
A41=V*(p4-p1)*(1e+5);
h4=A41+h1;
Pt=A23*q
Q1=(h2-h1)*1e+3;
Q2=(h4-h3)*1e+3;
ni=(A23+A41)/Q1
```

Rezultati koda su:

- entalpija na ulasku u turbinu 3451,2 kJ/kg
- temperatura na izlasku iz turbine je 60,783 °C
- stepen korisnog dejstva procesa 0,3705
- snaga turbine je 161,65 MW

3. Snaga parne turbine u termoelektrani je 400 MW. Para na ulazu u turbinu ima pritisak 9 MPa, a temperaturu 600 °C. Pritisak u kondenzatoru je 10 kPa. Odrediti stepen korisnog dejstva i maseni protok fluida u Rankineov-om kružnom procesu. Iz parnih tabela očitane su sledeće karakteristične vrednosti:

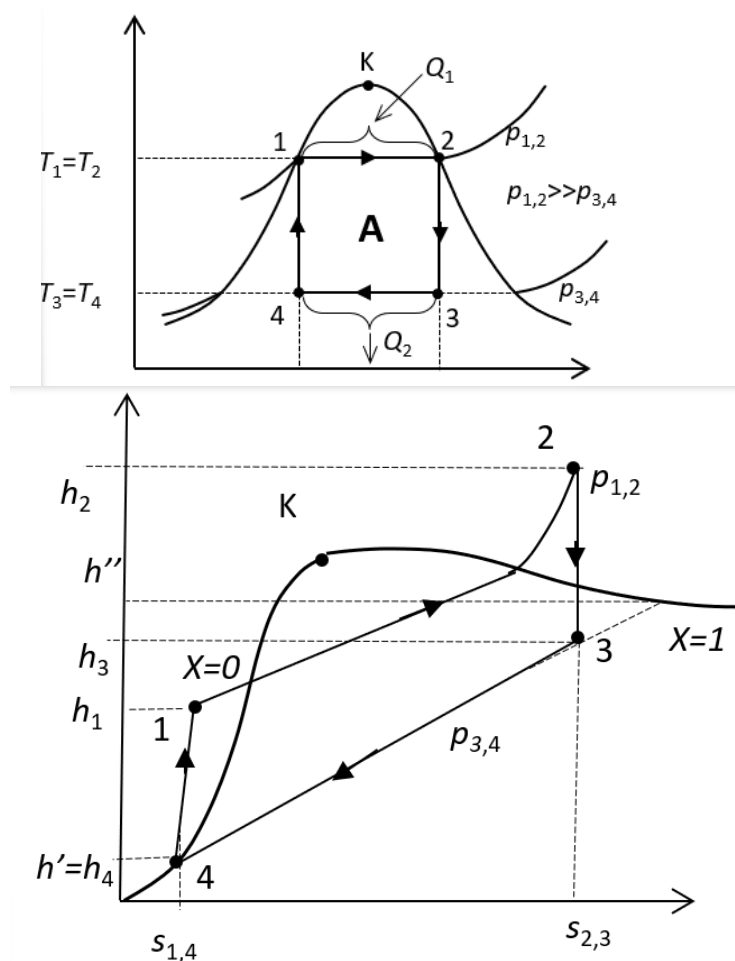
1. za pritisak 10 kPa: $h'=191,8\text{kJ/kg}$, $h''=2585\text{kJ/kg}$, $s'=0,649\text{kJ/kgK}$, $s''=8,151\text{kJ/kgK}$, $v'=0,001\text{ m}^3/\text{kg}$;

2. za pritisak 9MPa i temepraturu 600°C: $h=3631\text{kJ/kg}$, $s=6,957\text{kJ/kgK}$.

Rešenje: Potrebno je nacrtati h-S ili T-S dijagram kao i zamensku šemu, odakle se prepoznaju vrednosti entalpija.

Pritisak je najveći, a temperatura najviša pre ulaska u turbinu pa važi da je:

$p_1=p_2=9\text{MPa}$ $T_2=600^\circ\text{C}=873,15\text{K}$, $h_2=3631\text{kJ/kg}$, $S_2=6,957\text{kJ/kgK}$, dok se i $p_4=p_3=10\text{kPa}$ odnosi na kondenzator i pumpu i tačke 3 i 4 na h- S dijagramu (h-S dijagram je sličan T-S dijagramu i on se isto vezuje za krivu isparavanja vode).



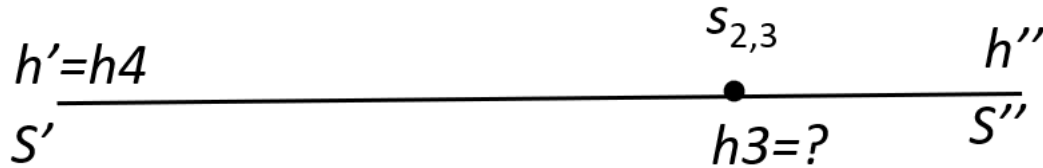
$m=m'+m''$, gde m' predstavlja ključalu masu pare ($x=0$ ova kriva se odnosi na pojavu prvog ključa vode), a m'' predstavlja masu suvo zasićene pare ($x=1$ ova kriva se odnosi na nestanak poslednje kapi tečnosti u medijumu za prenos energije). Iz relacije za odnos x važi:

$$x = m'' / (m' + m'')$$

Dakle energiju h [kJ/kg] po masi u procesu prenosi delom masa suve a delom masa vlažne pare:

$$m \times h = m' \times h' + m'' \times h'' \text{ ili } h = m' / (m' + m'') \times h' + m'' / (m' + m'') \times h''$$

$$h = (1-x) \times h' + x \times h''$$



Isto važi i za $S = (1-x) \times S' + x \times S''$ gde je $S = S_2 = S_3$ koja je poznata veličina. Ta veličina ukazuje na položaj tačke 3 na h - S dijagramu na pravi koja spaja h' i h'' . Na osnovu te veličine moguće je odrediti odnos X :

$$X = (S - S') / (S'' - S') = (S_2 - S') / (S'' - S') = (6,957 - 0,649) / (8,151 - 0,649) = 0,841$$

$$h_3 = h' + x \times (h'' - h') = 191,8 + 0,841(2585 - 191,8) = 2204 \text{ kJ/kg}$$

$$W_t = (h_2 - h_3) = 3631 - 2204 = 1427 \text{ kJ/kg}$$

pa **protok** ima vrednost $q = P_t / W_t = 400 \text{ MJ/s} / 1427 \text{ kJ/kg} = \mathbf{280,3 \text{ kg/s}}$

Sa h - S dijagrama se može uočiti da uložena energija $Q_1 = h_2 - h_1$, a $h_1 = h_4 + W_p$ pa sledi da je $Q_1 = h_2 - (h_4 + W_p) = h_2 - (h' + W_p)$, gde je W_p rad pumpe i jednak je:

$$W_p = V \times (p_1 - p_2) = 0,001 \times (9 \text{ MPa} - 10 \text{ kPa}) = 8,99 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_1 = 3631 - (191,8 + 8,99) = 3430,21 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta = W / Q_1 = (W_t - W_p) / Q_1 = (1427 - 8,99) / 3430,21 = \mathbf{0,413}$$

Matlab kod:

```

clc;clear;
Pt=400e+6;
Pa2=9e+6;
p2=Pa2/(1e+5); %[bar]
t2=600;
T2=t2+273.15;
Pa3=10e+3;
p3=Pa3/(1e+5);
%_prim je za x=0 tj ključala para, a _sec je za x=1 tj suvu paru
h_prim=XSteam('hL_p',p3) %[kJ/kg]
h_sec=XSteam('hV_p',p3) %[kJ/kg]
s_prim=XSteam('sL_p',p3) %[kJ/kgK]
s_sec=XSteam('sV_p',p3) %[kJ/kgK]
v_prim=XSteam('vL_p',p3) %[m3/kg]
h2=XSteam('h_pt',p2,t2)
s2=XSteam('s_pt',p2,t2)
x3=XSteam('x_ps',p3,s2)
h3=XSteam('h_ps',p3,s2)
h4=XSteam('h_ps',p3,s_prim)
h1=XSteam('h_ps',p2,s_prim)
Wt=h2-h3
Wp=h4-h1

```

$$m = P_t / W_t$$

$$\eta = (W_t + W_p) / (h_2 - h_1)$$

- $h_2 = 3634.2 \text{ kJ/kg}$ – entalpija ulaza u turbinu
- $s_2 = 6.9605 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ - entropija ulaza u turbinu
- $x_3 = 0.8415$ - zasićenost vodene pare na izlasku iz turbine
- $h_3 = 2204.8 \text{ kJ/kg}$ – entalpija izlaza iz turbine
- $h_4 = 191.7946 \text{ kJ/kg}$ - entalpija izlaza iz kondenzatora
- $h_1 = 200.8658 \text{ kJ/kg}$ – entalpija ulaza u kotao
- $W_t = 1429.3 \text{ kJ/kg}$ – rad na turbini
- $W_p = -9.0713 \text{ kJ/kg}$ – rad pume (troši se energija zbog toga je minus)
- $\eta = 0.4137$ - stepen korisnog dejstva
- $m = 279.85 \text{ kg/s}$ – maseni protok

4. Izračunati stepen korisnog dejstva Rankineov-og kružnog procesa u termoelektrani u čijoj se turbini odvija realan proces. Pritisak pare na ulazu u turbinu je 150 bara, a temperatura 560 °C. Pritisak u kondenzatoru je 40 kPa. Para u turbini ekspandira do linije zasićenja. Iz parnih tabela očitane su sledeće karakteristične vrednosti:

1. za pritisak 40kPa: $h' = 317,7 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2637 \text{ kJ/kg}$, $S' = 1,026 \text{ kJ/kgK}$,

$$S'' = 7,671 \text{ kJ/kgK}, v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg};$$

2. za pritisak 15 MPa i temperaturu 560 °C: $h = 3475 \text{ kJ/kg}$, $S = 6,554 \text{ kJ/kgK}$.

Rešenje:

$$p_1 = p_2 = 15 \text{ MPa} \quad T_2 = 560^\circ\text{C}, \quad h_2 = 3475 \text{ kJ/kg}, \quad S_2 = 6,554 \text{ kJ/kgK}$$

$$p_4 = p_3 = 40 \text{ kPa} \quad h_4 = h' = 317,7 \text{ kJ/kg}, \quad h_3 = h'' = 2637 \text{ kJ/kg} \text{ (jer para ekspandira do linije zasićenja)}$$

$$S_4 = S' = 1,026 \text{ kJ/kgK}, \quad S_3 = S'' = 7,671 \text{ kJ/kgK}$$

$W_t = h_2 - h_3$ od korisnog rada turbine se oduzima utrošeni rad pume $W_p = h_1 - h_4$

$Q_1 = h_2 - h_1$ pa stepen korisnog dejstva je $\eta = W/Q_1 = (W_t - W_p) / Q_1$

$$W_p = v' \times (p_1 - p_4) = 0,001 \times (15 \text{ MPa} - 40 \text{ kPa}) = 14,96 \text{ kJ/kg}$$

$$h_1 = h_4 + W_p = 14,96 + 317,7 = 332,66 \text{ kJ/kg}$$

$$W_t = h_2 - h_3 = 3475 - 2637 = 838 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_1 = h_2 - h_1 = 3475 - 332,66 = 3142,34 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta = W/Q_1 = (W_t - W_p) / Q_1 = (838 - 14,96) / 3142,34 = 0,262$$

Matlab kod:

```
%4. zadatak
clc;clear;
p2=150; %bar
```

```

t2=560;
Pa3=40e+3;
p3=Pa3/(1e+5);
%_prim je za x=0 tj ključala para, a _sec je za x=1 tj suhu paru
h_prim=XSteam('hL_p',p3) %[kJ/kg]
h_sec=XSteam('hV_p',p3) %[kJ/kg]
s_prim=XSteam('sL_p',p3) %[kJ/kgK]
s_sec=XSteam('sV_p',p3) %[kJ/kgK]
v_prim=XSteam('vL_p',p3) %[m3/kg]
h2=XSteam('h_pt',p2,t2) %[kJ/kg]
s2=XSteam('s_pt',p2,t2) %[kJ/kgK]
h3=XSteam('h_ps',p3,s_sec) %jer je receno da ekspandira do linije
zasicjenja
h4=XSteam('h_ps',p3,s_prim)
h1=XSteam('h_ps',p2,s_prim)
Wt=h2-h3
Wp=h4-h1
eta=(Wt+Wp)/(h2-h1)

```

- $h_2 = 3477.5$ kJ/kg – entalpija ulaza u turbinu
- $s_2 = 6.5556$ kJ/kg°C - entropija ulaza u turbinu
- $h_3 = 2636.1$ kJ/kg – entalpija izlaza iz turbine
- $h_4 = 317.5626$ kJ/kg - entalpija izlaza iz kondenzatora
- $h_1 = 332.8793$ kJ/kg – entalpija ulaza u kotao
- $W_t = 841.4082$ kJ/kg – rad na turbini
- $W_p = -15.3167$ kJ/kg – rad pume (troši se energija zbog toga je minus)
- $\eta = 0.2627$ - stepen korisnog dejstva

5. U termoelektrani snaga parne turbine je 500 MW, a snaga pumpe 6 MW. U kotlu se radnom fluidu dovodi toplotna snaga 1300 MJ/s. Izračunati električnu snagu na priključcima generatora ako je mehanički stepen korisnog dejstva turbine 0,92, a stepen korisnog dejstva generatora 0,97.

Rešenje:

$P_t = 500$ MW

$P_p = 6$ MW

$\eta_{mt} = 0,92$

$\eta_g = 0,97$

$Q_1 = 1300$ MJ/s

$\eta_{termicki} = (P_t - P_p) / Q_1 = (500 - 6) / 1300 = 0,38$

$P_{el} = \eta_{mt} \times \eta_g \times P_t = 446,2$ MW

$\eta_{el} = \eta_{mt} \times \eta_g \times \eta_{termicki} = 0,38 \times 0,92 \times 0,97 = 0,3391$

Matlab kod:

```

%5. zadatak
clc;clear;
Pt=500e+6;
Pp=6e+6;
Q1=1300e+6;
eta_mt=0.92;
eta_g=0.97;
eta_termicki=(Pt-Pp)/Q1;
Pel=eta_mt*eta_g*Pt

```

$\eta_{el} = \eta_{mt} \cdot \eta_g \cdot \eta_{termicki}$

- $P_{el} = 446.2 \text{ MW}$
- $\eta_{el} = 0.3391$

6. Snaga kotla je $Q_1 = 3250 \text{ MJ/s}$, a turbine $P_t = 990 \text{ MW}$. Koliko iznosi pritisak u kotlu $p_1 = ?$, ako je pritisak u kondenzatoru $p_3 = 0,05 \text{ bara}$? Maseni protok fluida u procesu je $q = 2129 \text{ kg/s}$. Stepen korisnog dejstva procesa je $\eta = 0,3$. Proračun izvršiti sa konstantnom gustinom kondenzata, $\rho = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$, koju pumpa vraća u kotao.

Rešenje:

$$P_p = V' \times (p_1 - p_4) = q \times \rho \times (p_1 - p_4) \rightarrow p_1 = p_4 + P_p / (q \times \rho)$$

$$\eta = P / Q_1 = (P_t - P_p) / Q_1 \rightarrow P_p = P_t - \eta \times Q_1 \rightarrow p_1 = p_4 + (P_t - \eta \times Q_1) / (q \times \rho)$$

$$p_1 = 0,005 \cdot 10^5 + (990 \cdot 10^6 - 0,3 \times 3250 \cdot 10^6) / (2129 \times 0,001) = 7,05 \text{ MPa}$$

Matlab kod:

```
%6. zadatak
clc;clear;
Q1=3250e+6; % [MW]=[MJ/s]
Pt=990e+6;
p3=0.05; %bar
pa3=p3*1e+5;
m=2129; % [kg/s]
ni=0.3;
V=0.001; % [m3/kg]
Pp=Pt-ni*Q1
pa1=Pp/(m*V)+pa3
```

- $p_1 = 7.05 \text{ MPa}$

7. U termoelektrani se odvija idealni Rankineov kružni proces. Para pritiska 7 MPa i temperature $500 \text{ }^\circ\text{C}$ napušta kotao i ulazi u turbinu visokog pritiska gde ekspandira do pritiska $0,9 \text{ MPa}$. Para se zatim dodatno zagreva do temperature $450 \text{ }^\circ\text{C}$ pa ekspandira u turbini niskog pritiska do 10 kPa . Izračunati stepen korisnog dejstva procesa. Gustina medijuma konstantne zapremine je 1000 kg/m^3 .

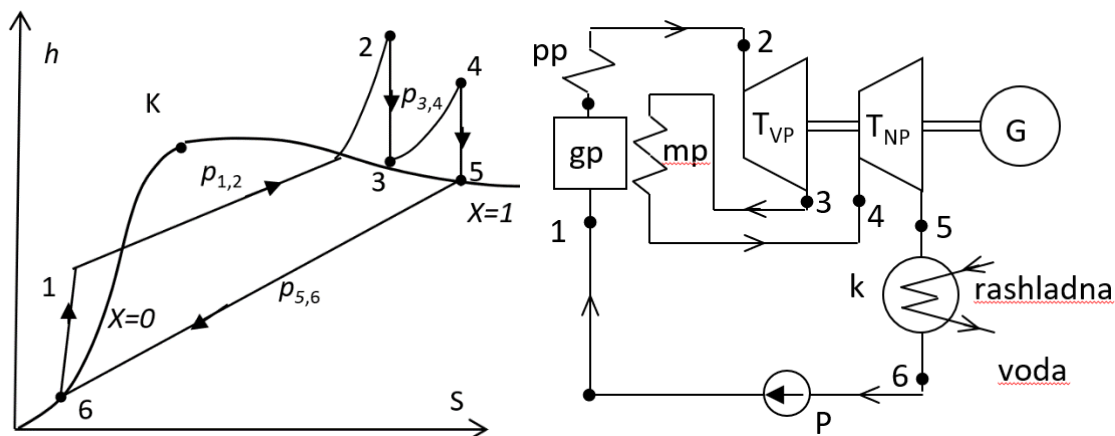
Rešenje: Potrebno je nacrtati h-S ili T-S dijagram kao i zamensku šemu, odakle se prepoznaju vrednosti entalpija.

Sa h-S dijagrama se mogu uočiti tri izobarska procesa (1-2, 3-4, 5-6) za koje važi:

$$p_1 = p_2 = 7 \text{ MPa} \quad p_3 = p_4 = 0,9 \text{ MPa} \quad p_5 = p_6 = 10 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 500^\circ\text{C} = 773,15 \text{ K}$$

$$h_2 = 3411 \text{ kJ/kg}, h_3 = 2856 \text{ kJ/kg}, h_4 = 3372 \text{ kJ/kg}, h_5 = 2431 \text{ kJ/kg}, h_6 = 192 \text{ kJ/kg}$$



Stepen korisnog dejstva se dobija kao količnik korisnog rada turbine visokog pritiska

($W_{tvp}=h_2-h_3$) i turbine niskog pritiska ($W_{tnp}=h_4-h_5$) koji je umanjen za potreban rad pumpe ($W_p=h_1-h_6=V' \times (p_1-p_6)$) i ukupne uložene energije ($Q_1=Q_{12}+Q_{34}$). Ukupna uložena energija jednaka je zbiru toplotne energije uložene pri podizanju temperature u procesu 1-2

($Q_{12}=h_2-h_1$) i dodatnom podizanju temperature pomoću međupregrejača 3-4 ($Q_{34}=h_3-h_4$). Razlog podizanja temperature i pritiska u celom termodinamičkom ciklusu jeste težnja da se poveća stepen korisnog dejstva celog ciklusa. Međutim uvećanje temperature do T_2 izaziva pad tačke 3 u adijabatskom procesu u oblast vlažne pare. Da bi se to izbeglo uveden je međupregrejač koji dodatno isušuje paru pre njenog uvođenja u turbinu niskog pritiska.

$$\eta = \frac{W_{tvp} + W_{tnp} - W_p}{Q_1} = \frac{h_2 - h_3 + h_4 - h_5 - W_p}{h_2 - h_1 + h_4 - h_3}$$

Od podataka nepoznata je energija pumpe i entalpija h_1 .

$$W_p=h_1-h_6=V' \times (p_1-p_6)=1/1000 \times (7 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^3)=6,99 \text{ kJ/kg} \rightarrow h_1=W_p+h_6=192+6,99=198,99$$

$$\eta = \frac{h_2-h_3+h_4-h_5-W_p}{h_2-h_1+h_4-h_3} = \frac{3411-2856+3372-2431-6,99}{3411-195,99+3372-2856} = \mathbf{0,399}$$

Matlab kod:

Matalb kod započet je unosom ulaznih podataka iz zadatka. Na osnovu njih potrebno je odrediti vrednosti temperature, entalpija i entropija za svaku karakterističnu tačku. To se vrši korišćenjem već poznate funkcije „XSteam“

```
%7. zadatak
clc;clear;
Pa1=7e+6;
Pa2=Pa1;
p1=Pa1/1e+5;
p2=p1;
t2=500;
Pa3=0.9e+6;
p3=Pa3/1e+5;
p4=p3;
t4=450;
Pa5=10e+3;
```



```
p5=Pa5/1e+5;  
Pa6=Pa5;  
p6=p5;
```

Na osnovu poznate temperature i pritiska na ulazu u turbine visokog pritiska, određuje se entalpija (h_2) i entropija (s_2).

```
%turbina visokog pritiska  
h2=XSteam('h_pt', p2, t2)  
s2=XSteam('s_pt', p2, t2);
```

Poznavanjem termodinamičkog procesa zna se da je entropija na izlazu iz turbine ista kao i na ulazu u turbinu, odatle sledi :

```
s3=s2;
```

Na osnovu poznatog pritiska i entropije, dolazi se do vrednosti temperature (t_3) i entalpije (h_3).

```
h3=XSteam('h_ps', p3, s3)  
t3=XSteam('t_ps', p3, s3)
```

Na izlazu iz turbine bitno je proveriti i parameter vlažnosti pare x . Ukoliko je njegova vrednost manja od 0.85 pojavljuje se kavitacija koja oštećuje lopatice turbine.

```
x3=XSteam('x_ps', p3, s2)
```

Isti postupak se ponovi i za među-pregrejač i turbinu niskog pritiska.

```
%turbina niskog pritiska  
h4=XSteam('h_pt', p4, t4)  
s4=XSteam('s_pt', p4, t4);  
s5=s4;  
h5=XSteam('h_ps', p5, s5)  
x5=XSteam('x_ps', p5, s5)
```

Na izlazu iz kondenzatora para mora da postane voda, kako bi koristili pumpu. Potrebno je naći vrednost entalpije i entropije na granici između tečnosti i pare na osnovu poznatog pritiska.

```
%izlaz iz kondenzatora  
h6=XSteam('hL_p', p6)  
s6=XSteam('sL_p', p6);  
s1=s6;
```

Sada pumpa povećava pritisak vode i menja njenu entalpiju.

```
h1=XSteam('h_ps', p1, s1)
```

Kada su poznate vrednosti entalpija u svim tačkama, izračuna se rad u svakoj turbini kao i rad koji izvrši pumpa.

```
Wtvp=h2-h3;  
Wtnp=h4-h5;  
Wp=h6-h1;
```

Uložena toplotna energija u kotlu i među-pregrejaču je:

```
Q1=h2-h1;  
Q2=h4-h3;
```

Na osnovu svih proračunatih parametara, stepen korisnog dejstva termodinamičkog procesa je:

```
eta=(Wtvp+Wtnp+Wp) / (Q1+Q2)
```

U slučaju da nije postojao među-pregrejač, stepen korisnog dejstva i parametri pare bi bili drugačiji:

```
%bez medjugrejaca i turbini niskog pritiska  
h5_bez=XSteam('h_ps',p5,s2)  
x5_bez=XSteam('x_ps',p5,s2)  
Wt=h2-h5_bez;  
eta_bez=(Wt+Wp) / Q1
```

Na osnovu priloženog i objašnjenog koda , za zadate ulazne podatke dobija se :

- $h_2 = 3411.3$ kJ/kg – entalpija ulaza u turbinu VP
- $s_2 = 6.79972$ kJ/kg°C - entropija ulaza u turbinu VP
- $h_3 = 2856$ kJ/kg – entalpija izlaza iz turbine VP
- $s_3 = 6.79972$ kJ/kg°C - entropija izlazu iz turbine VP
- $x_3 = 1$ - zasićenost vodene pare na izlasku iz turbine VP
- $h_4 = 3372.5$ kJ/kg - entalpija ulaz u turbinu NP
- $s_4 = 7.66978$ kJ/kg°C - entropija ulaza u turbinu NP
- $h_5 = 2431.1$ kJ/kg – entalpija izlaza iz turbine NP
- $s_5 = 7.66978$ kJ/kg°C - entropija izlazu iz turbine NP
- $x_5 = 0.9361$ - zasićenost vodene pare na izlasku iz turbine NP
- $h_6 = 191.8123$ kJ/kg – entalpija ulaza u pumpu
- $s_6 = 0.649218$ kJ/kg°C - entropija ulaza u pumpu
- $h_1 = 198.8508$ kJ/kg – entalpija ulaza u kotao
- $s_1 = 0.649218$ kJ/kg°C - entropija ulaza u kotao
- **$\eta = 0.3995$ - stepen korisnog dejstva**

Da nije postojao među pregrejač, rezultati bi bili sledeći:

- $h_{5_bez} = 2153.6$ kJ/kg – entalpija izlaza iz turbine
- $x_{5_bez} = 0.8201$ - zasićenost vodene pare na izlasku iz turbine
- **$\eta_{bez} = 0.3893$ - stepen korisnog dejstva**

Primećuje se da je stepen korisnog dejstva kod procesa sa među-pregrejačem malo veći, ali je mnogo bitnije primetiti da je zasićenost vodene pare u procesu bez među-pregrejača manja od kritične vrednosti za pojavu kavitacije i oštećenja lopatica turbine koja iznosi 0.85. Iz tog razloga ovakav proces bez među-pregrejača nije dozvoljen.