

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za *matematiko in fiziko*



TURBINA

Seminar pri predmetu
Reaktorska tehnika in energetika

Avtor:

Klemen Ambrožič

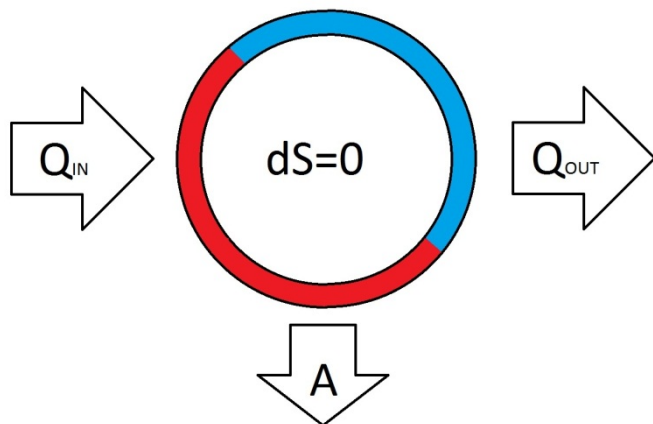
Mentor:

Dr. Iztok Tiselj

PREGLJED

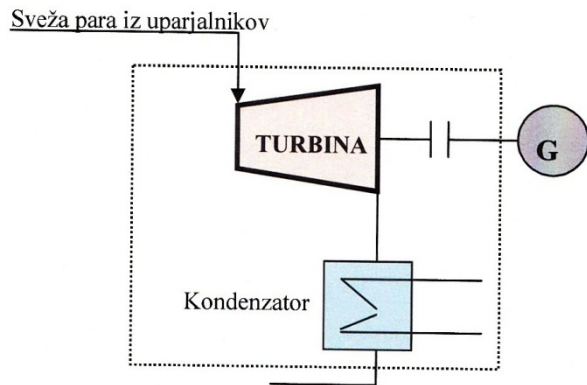
- Termodinamični procesi
- Shema sekundarnega kroga NEK
- Sestavni deli turbine
- Tipi turbin
- Poškodbe turbine
- Izgube v turbini
- TURBINE V NEK
 - Visokotlačna turbina
 - Nizkotlačna turbina
 - Izločevalnik vlage in dogrevalnik
 - Natok pare, zobnik za počasno obračanje rotorja
- Ventili
- Ležaji turbine
- Pomožni sistemi

TERMODINAMIČNI PROCESI

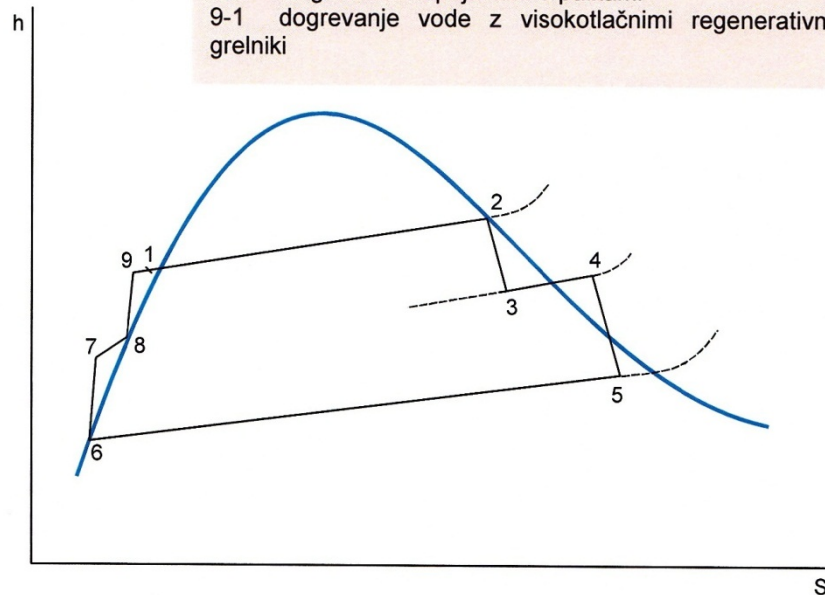


Slika 1: Turbina je toplotni stroj. V NEK ima 35% izkoristek.

- 1-2 uparjanje napajalne vode v uparjalniku
- 2-3 ekspanzija pare v VT turbini
- 3-4 proces v izločevalniku vlage/ dogrevalniku pare
- 4-5 ekspanzija v NT turbini
- 5-6 kondenzacija pare v kondenzatorju
- 6-7 dvig tlaka s kondenzatnimi črpalkami
- 7-8 dogrevanje vode v nizkotlačnih regenerativnih grelnikih
- 8-9 dvig tlaka z napajalnimi črpalkami
- 9-1 dogrevanje vode z visokotlačnimi regenerativnimi grelniki

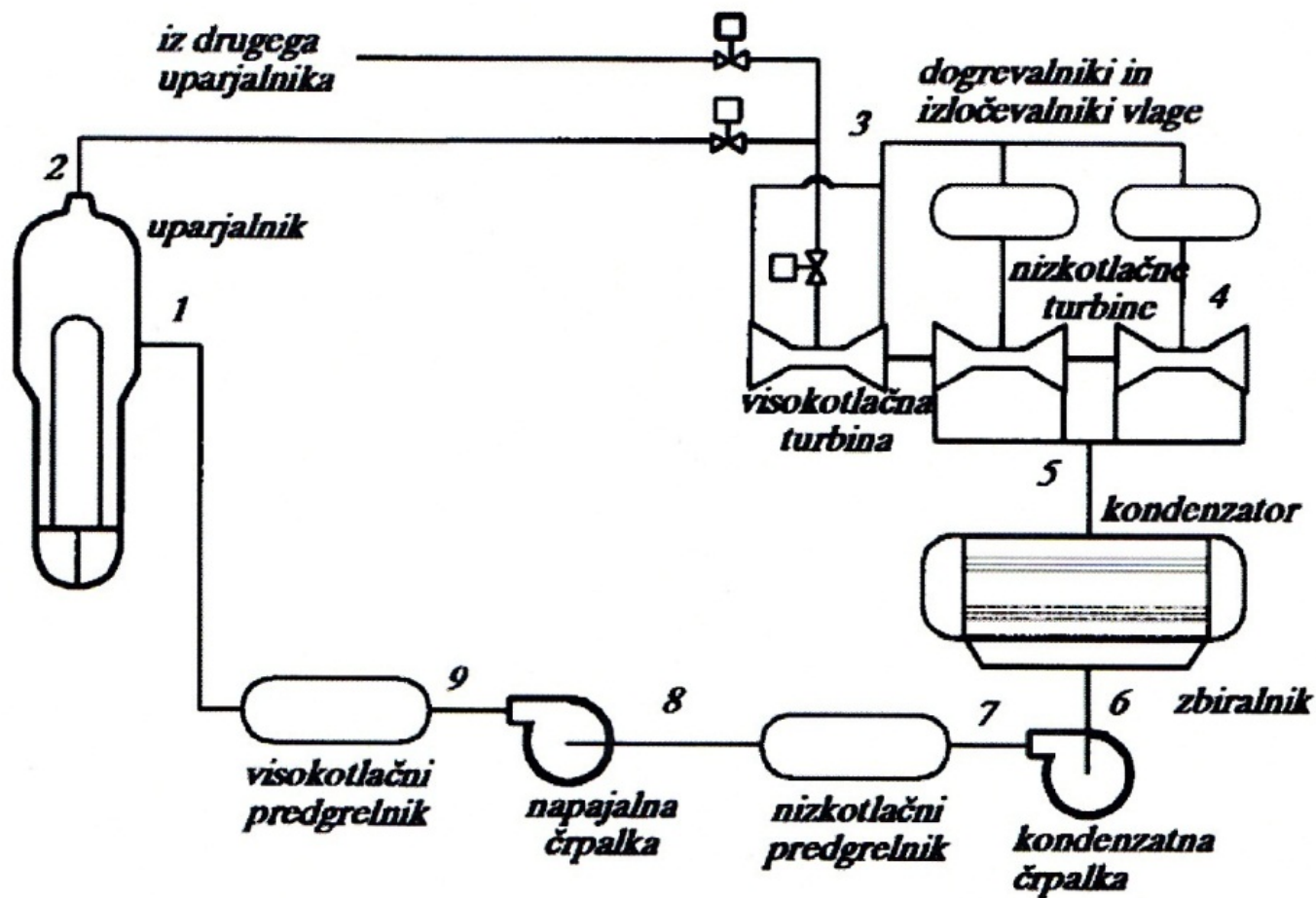


Slika 2: Turbina je odprt toplotni stroj.



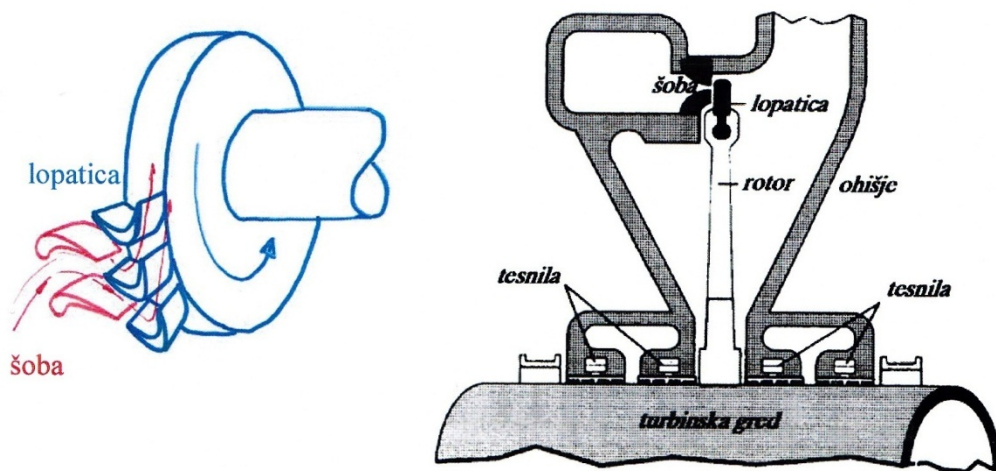
Slika 3: Graf h-s za sekundarni krog v NEK.

SHEMA SEKUNDARNEGA KROGA V NEK

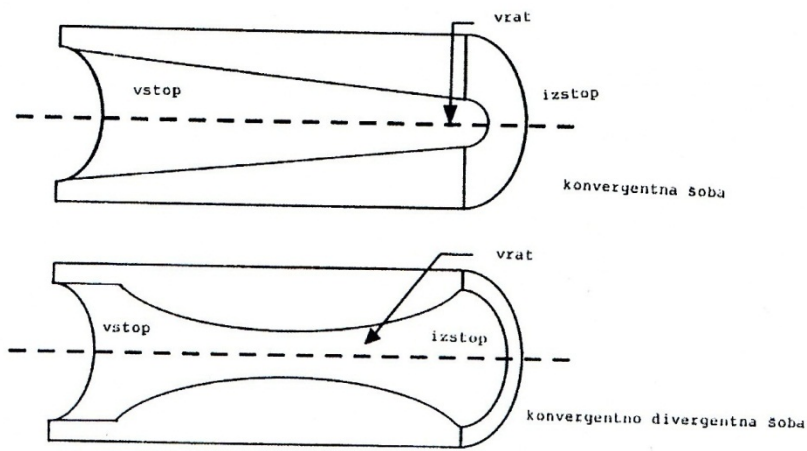


Slika 4: Sekundarni krog NEK.

SESTAVNI DELI TURBINE



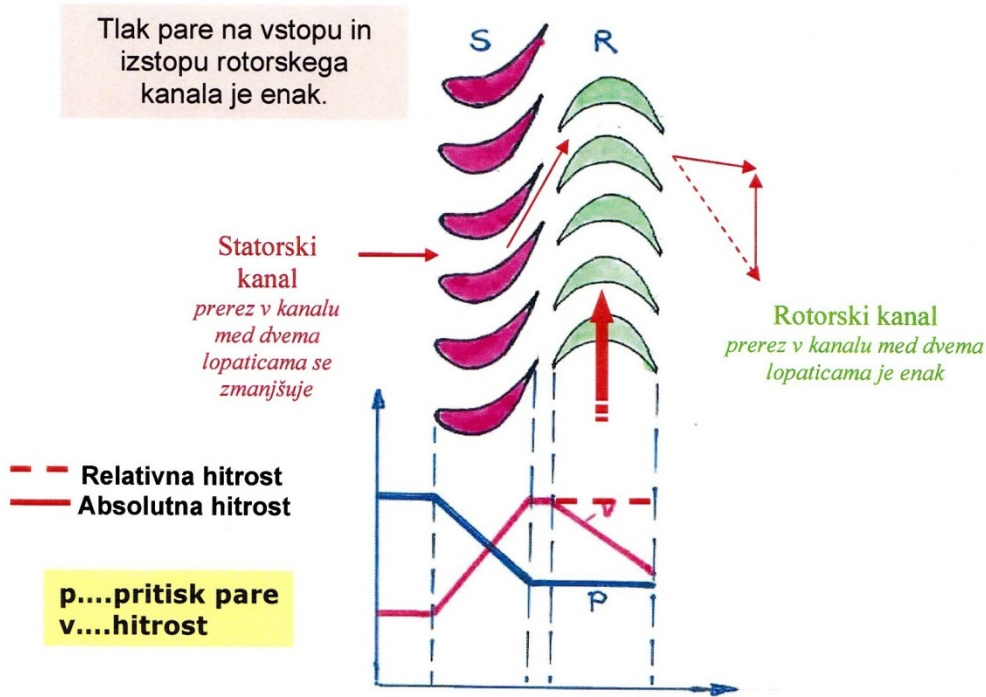
Slika 5:
Sestavni deli
turbine. Na sliki
enostopenjska
parna turbina.



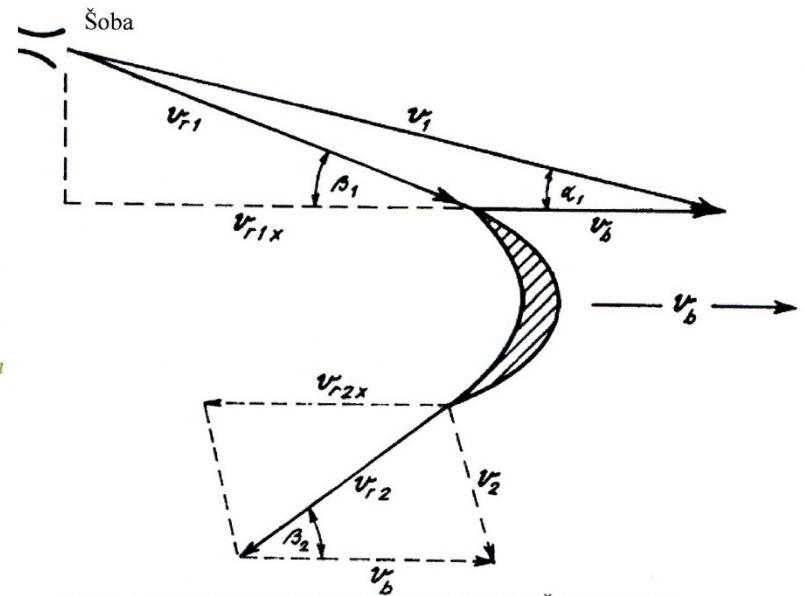
Slika 6:
Konvergentna in
konvergentno
divergentna šoba.

TIPI TURBIN

AKCIJSKA



Slika 7: Shema statorskega in rotorskega kanala v akcijski turbini, s potekom hitrosti in tlaka.

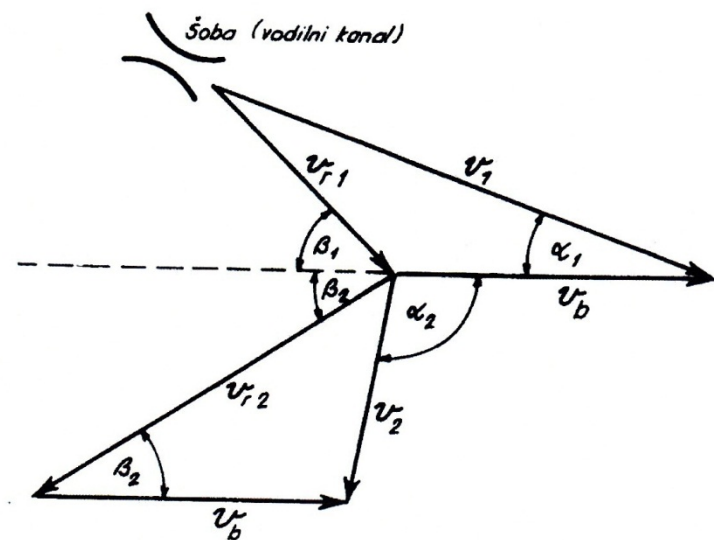
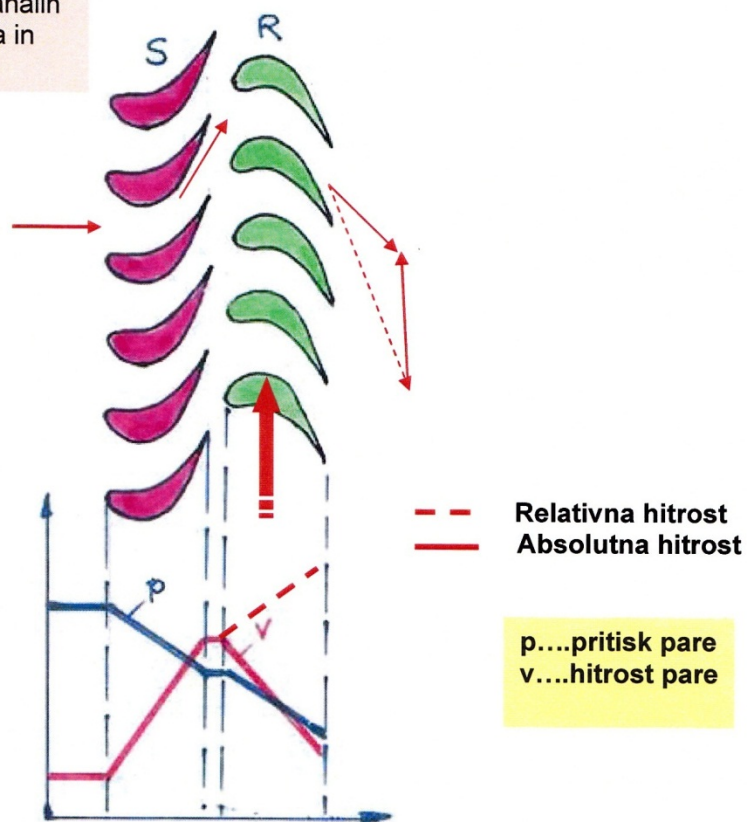


Slika 8: Diagram hitrosti za akcijsko enakotlačno turbino.

TIPI TURBIN

REAKCIJSKA

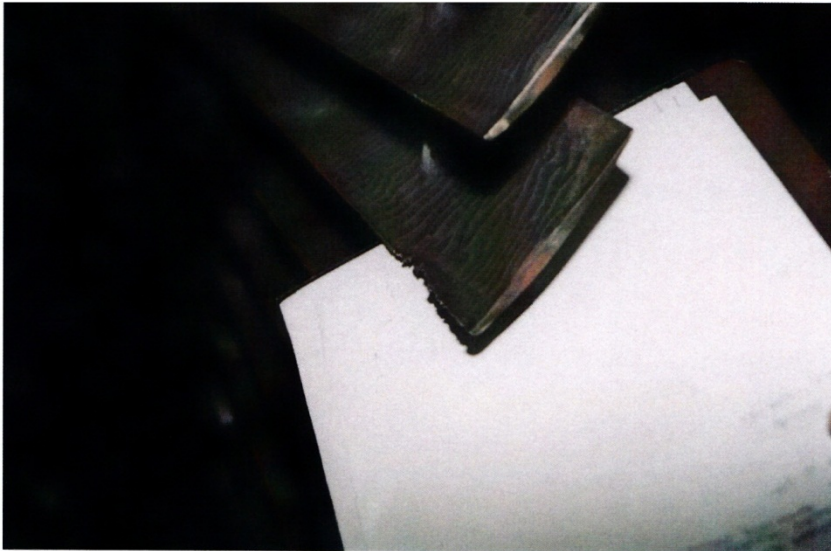
Prerez se zmanjšuje v kanalih med lopaticami statorja in rotorja.



Slika 10: Diagram hitrosti za reakcijsko nadtlakno turbino.

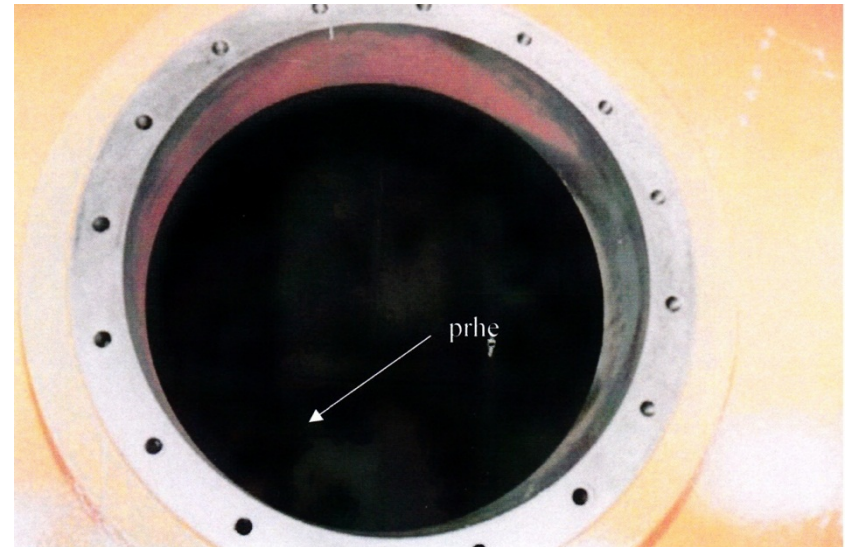
Slika 9: Shema statorskega in rotorskega kanala v reakcijski turbini, s potekom hitrosti in tlaka.

POŠKODBE TURBINE



Slika 11:
Erozija lopatic turbine je posledica vodnih kapljic v pari.

Slika 12:
Pri nizkih močeh pride na zadnjih stopnjah
nizkotlačne turbine do pregrevanja ohišja.
Hladimo ga z vodnimi prhami.

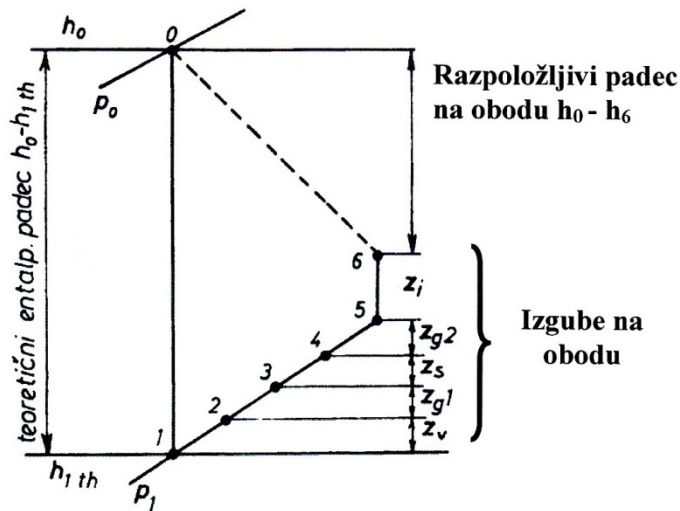


IZGUBE V TURBINI

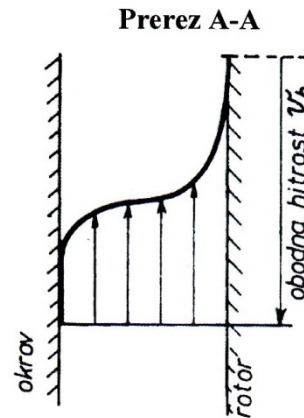
IZGUBE NA OBODU

Slika 13:

Izgube na obodu: izgube na v vodilnih kanalih Z_v , gonilnih kanalih Z_g , smernih kanalih Z_s in iztočna izguba nazadnji stopnji Z_i .



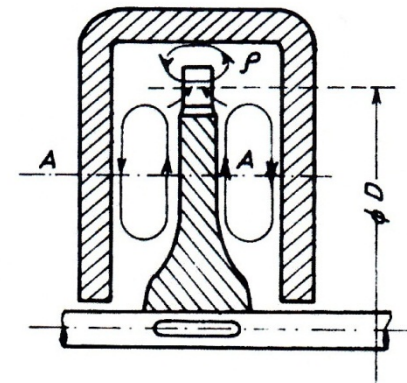
IZGUBE ZARADI TRENJA



Slika 14:

Izgube trenja zaradi centrifugalne sile na paro in viskoznosti.

IZGUBE ZARADI VENTILIRANJA

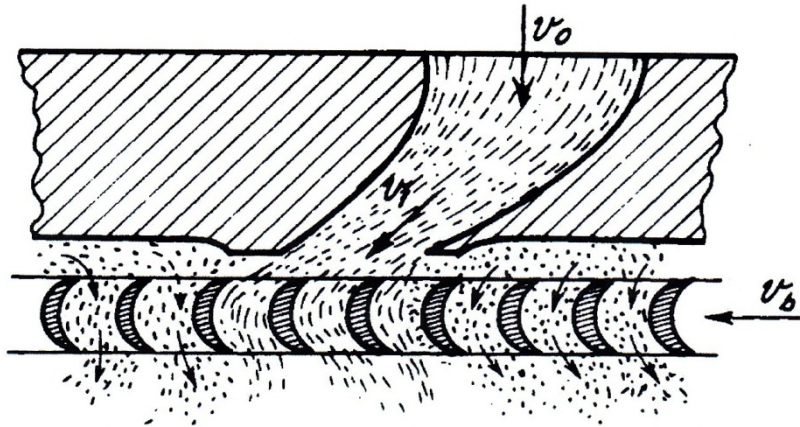


Slika 15:

Izgube zaradi mešanja pare pridolgh lopaticah in nizkih natokih.

IZGUBE V TURBINI

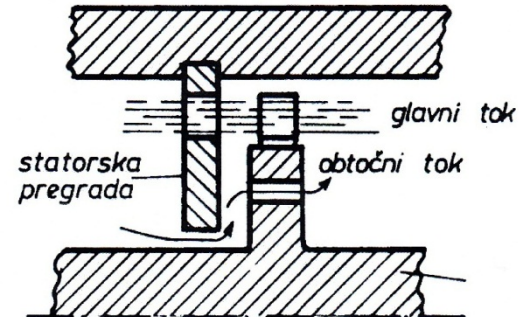
SEGMENTNE IZGUBE



Slika 16:

Do segmentni izgub pride v primeru delnega natoka, pred regulacijsko stopnjo.

OBTOČNE IZGUBE

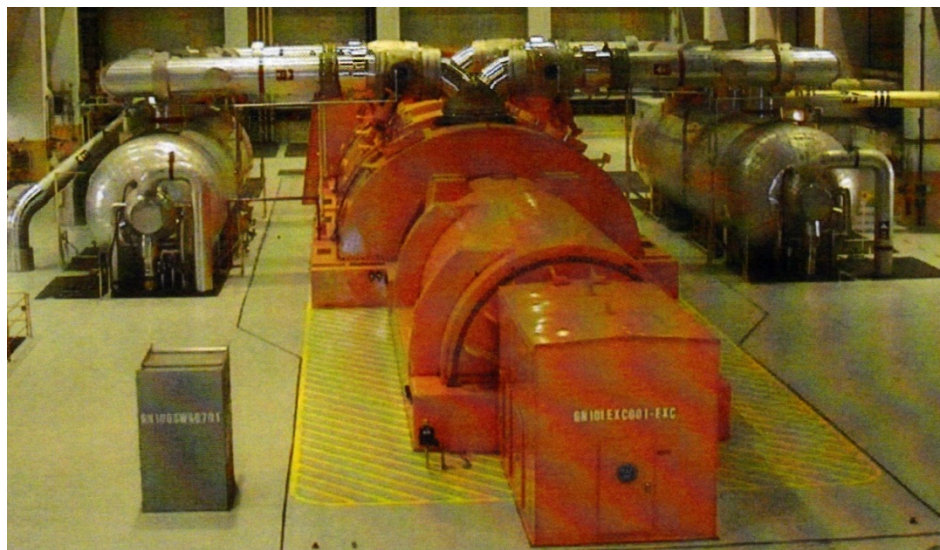


Slika 17:

V špranjah med rotorjem in statorjem pride do tokov, ki ne opravljajo dela.

IZGUBE OHLAJEVANJA

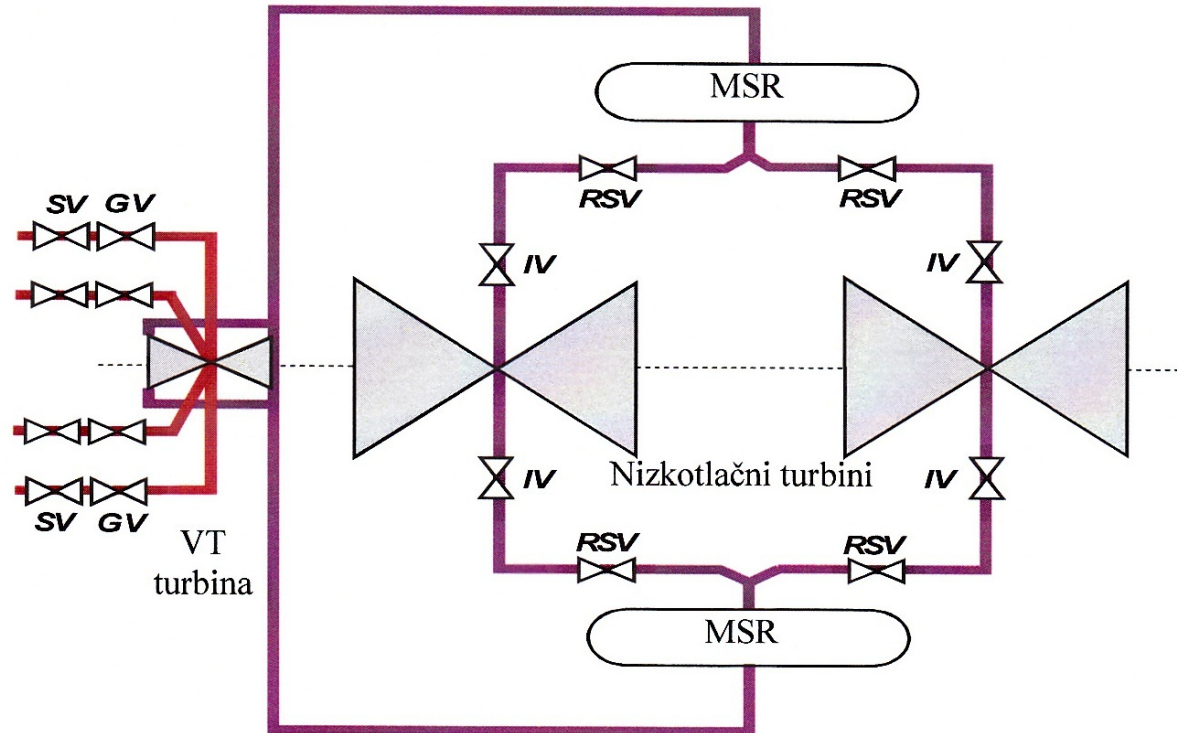
TURBINE V NEK



Slika 18:
Pogled v turbinsko zgradbo v NEK

Max moč.	727MW
Vrtilna hitrost	1500 min ⁻¹
T sveže pare	275,5°C
Vstopni tlak pare [p _{in}]	63bar
P _{in} na visokotlačni turbini	61,2bar
P _{out} na nizekotlačni turbini	0,052bar
Temperatura vmesnega pregrevanja	261,1°C

TURBINE V NEK



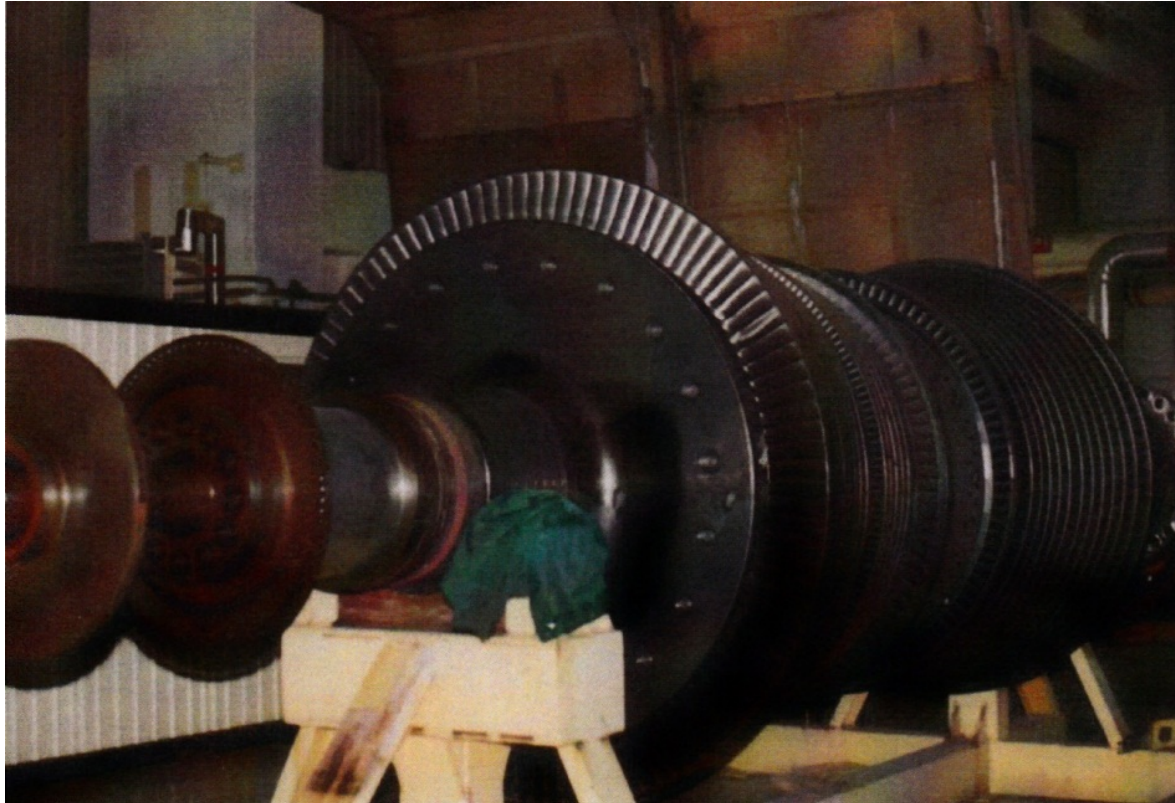
- SV** hitrozaporni (stop) ventil
- GV** regulacijski (governor) ventil
- IV** prestrezalni ventil (Interceptor Valve)
- RSV** hitrozaporni ventil (Reheat Stop Valve)

Slika 19: Shema turbinskega sistema z vsemi ventili



TURBINE V NEK

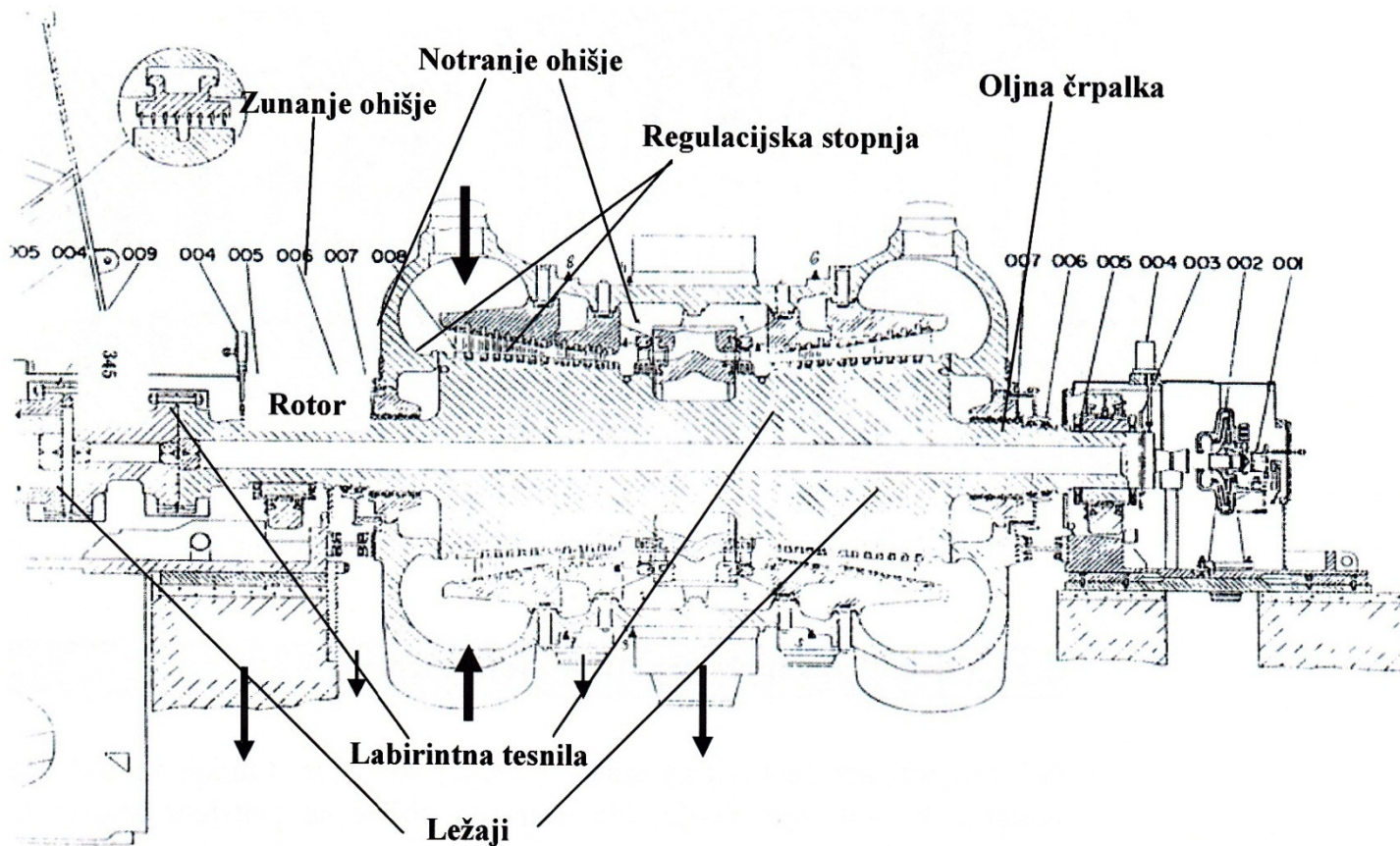
VISOKOTLAČNA TURBINA



Slika 20: Rotor visokotlačne turbine

TURBINE V NEK

VISOKOTLAČNA TURBINA



Slika 21: Shema visokotlačne turbine



TURBINE V NEK

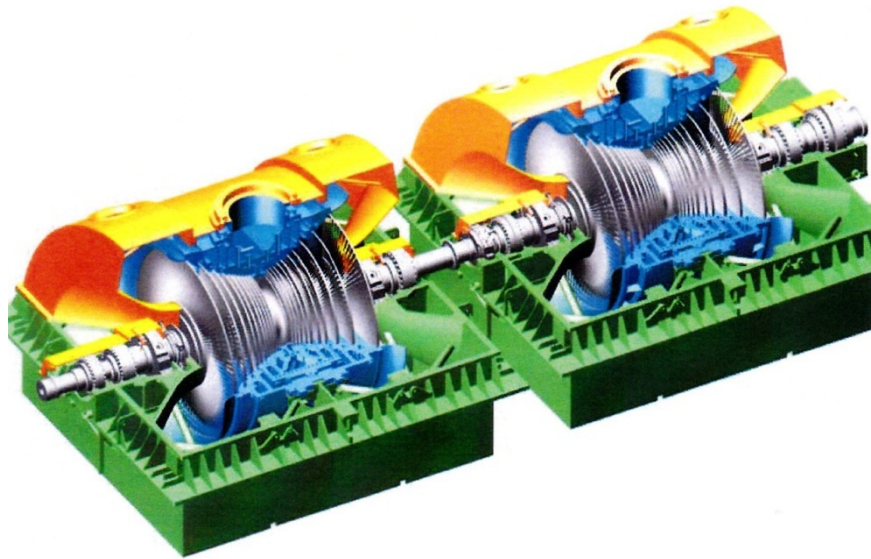
MSR-DOGREVALNIK IN IZLOČEVALNIK VLAGE



Slika 22: Izločevalnik vlage in dogrevalnik

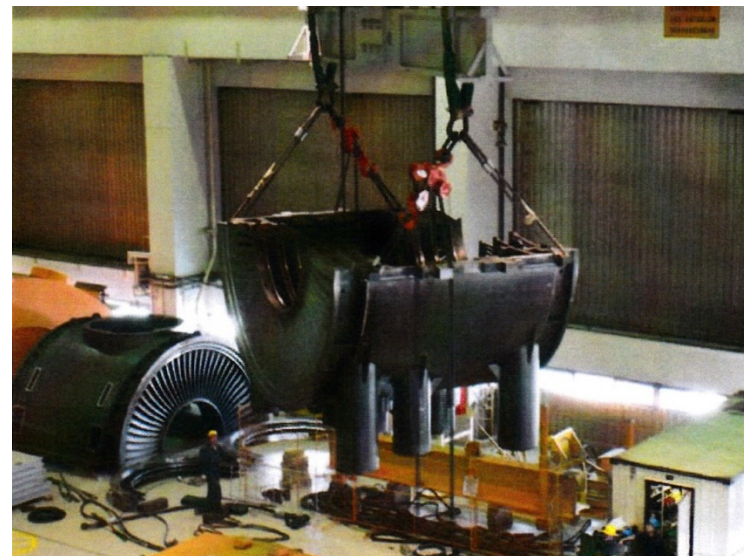
TURBINE V NEK

NIZKOTLAČNA TURBINA



Slika 23: Nizkotlačni turbini.

Slika 24:
Spodnji in zgornji okov nizkotlačne
turbine. Sestavljata statorski del
turbine

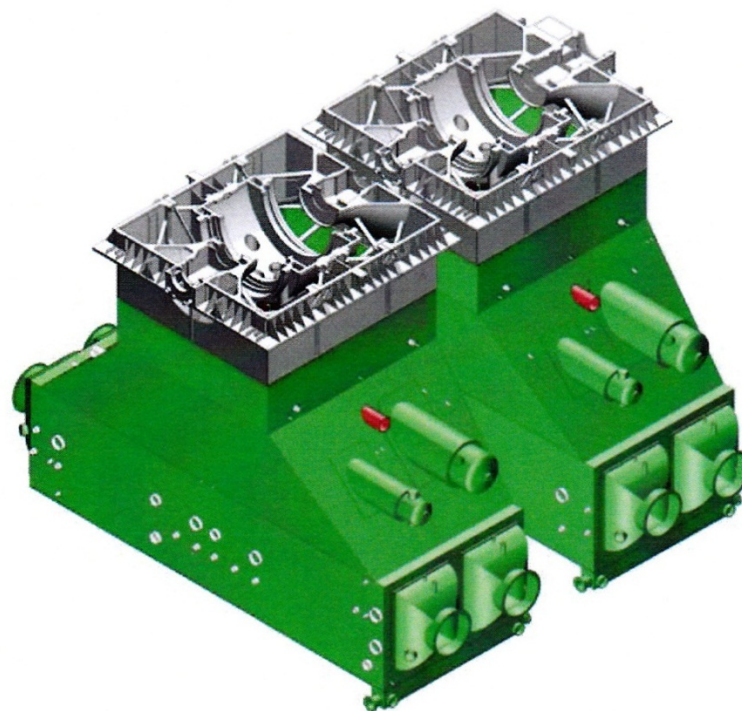


TURBINE V NEK

NIZKOTLAČNA TURBINA



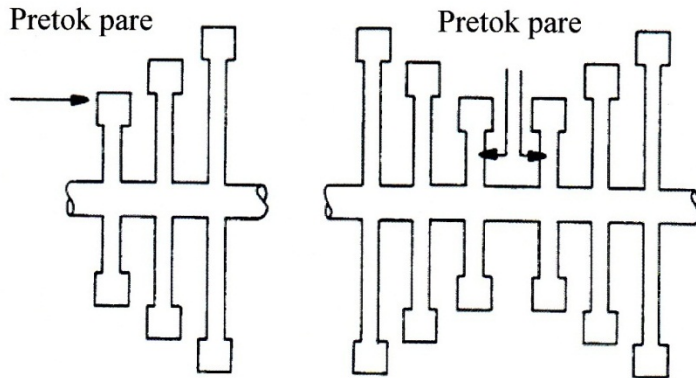
Slika 25:
Rotor nizekotlačne turbine.



Slika 26:
Spodnje ohišje nizekotlačne turbine skupaj s kondenzatorjem.

TURBINE V NEK

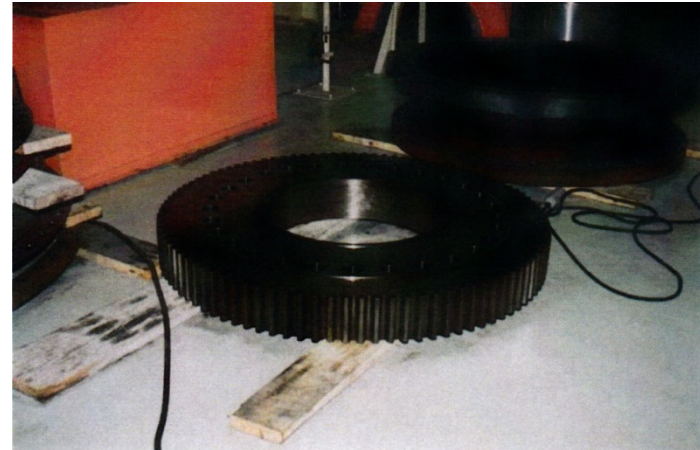
DVOJNI NATOK



Slika 27:

Para izvaja pritisk na lopatice v smeri osi. Če imamo dvojni natok, je neto sila 0. Pri dvojnem natoku so turbinske lopatice za enako opravljeno delo krajše.

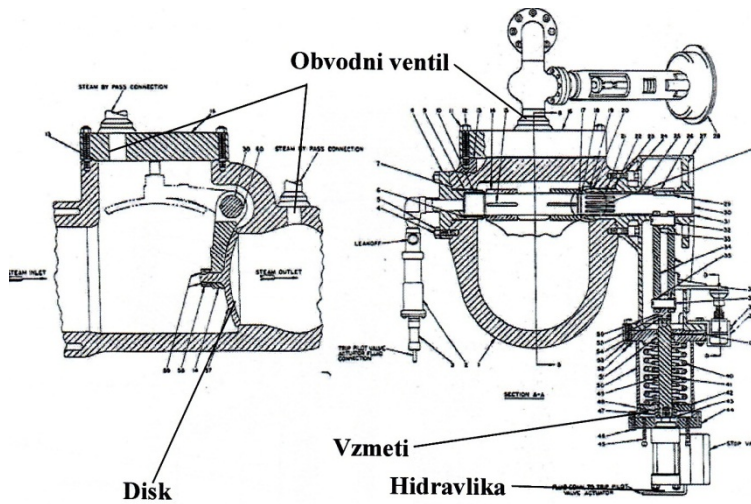
ZOBNIK ZA POČASNO OBRAČANJE TURBINE



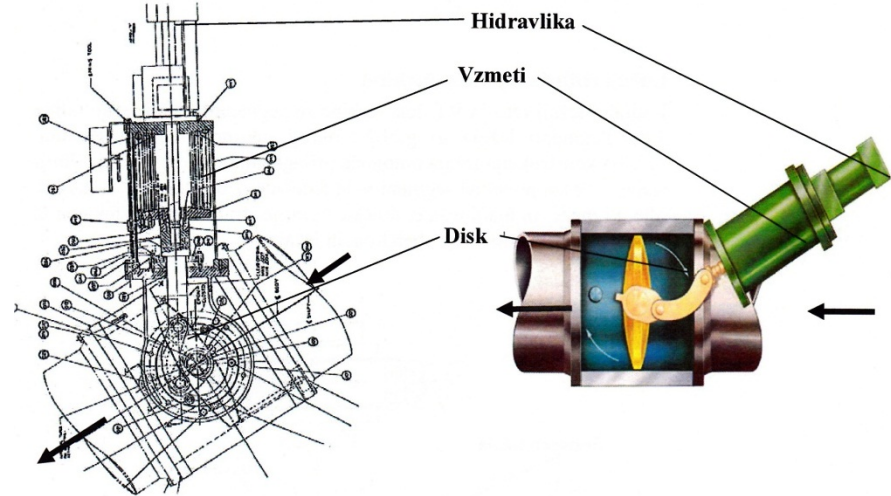
Slika 28:

Pred zagonom turbine moramo enakomerno in počasi ogreti lopatje turbine. Zobnik poskrbi za počasno vrtenje in enakomerno ogrevanje.

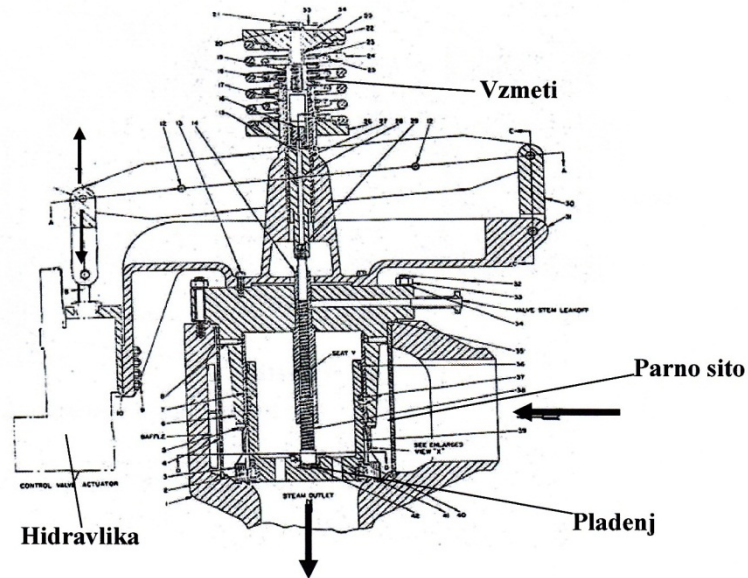
VENTILI



Slika 29:
Hitrozaporni ventil

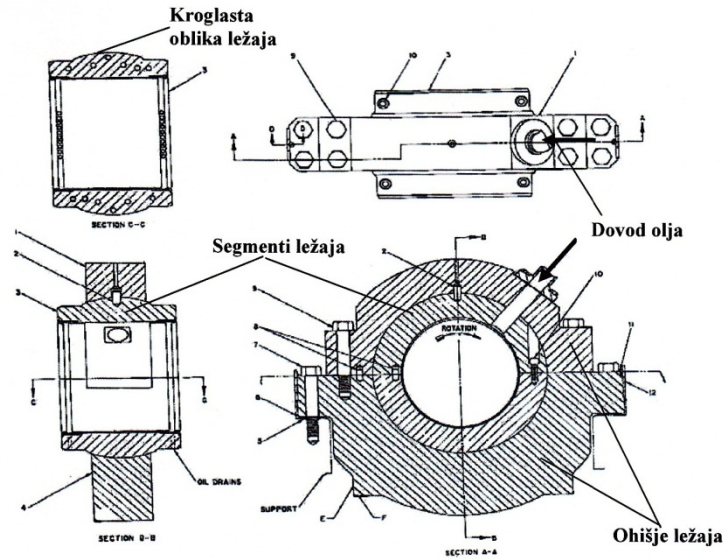


Slika 31:
Prestrezalni ventil



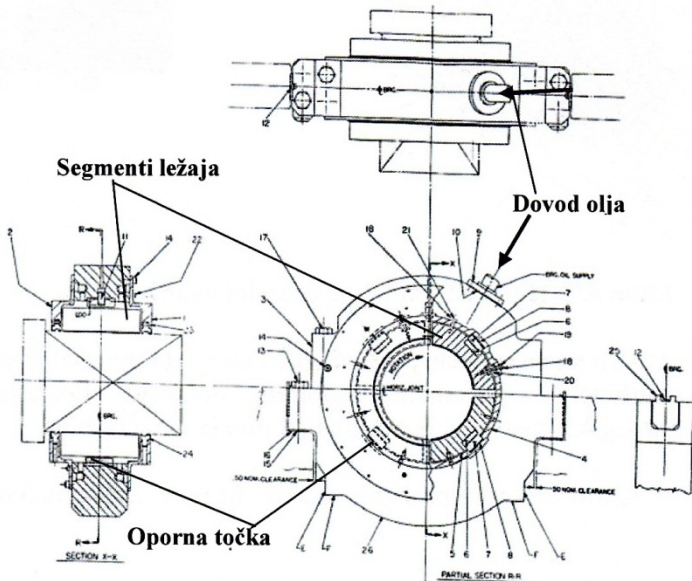
Slika 30:
Regulacijski ventil

LEŽAJI TURBINE

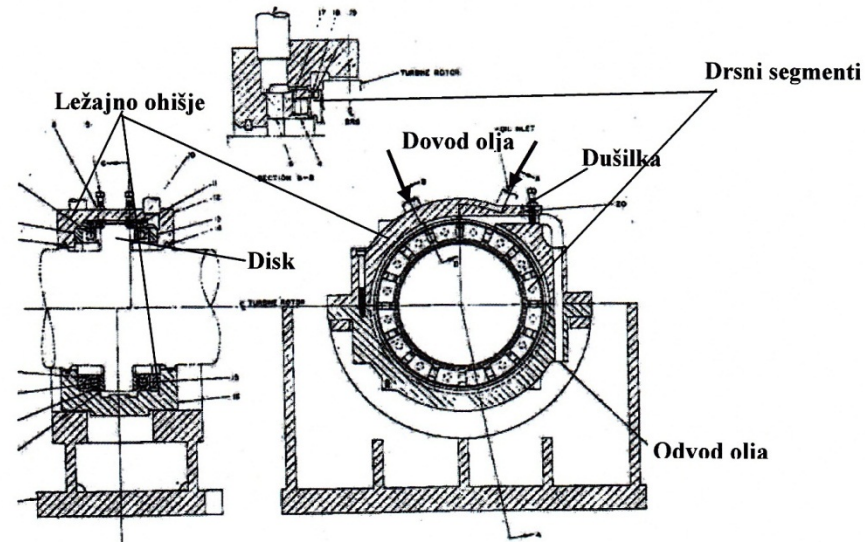


Slika 32:
Radialni ležaj rotorjev
nizkotlačne turbine.

Slika 33:
Ležaj visokotlačne turbine

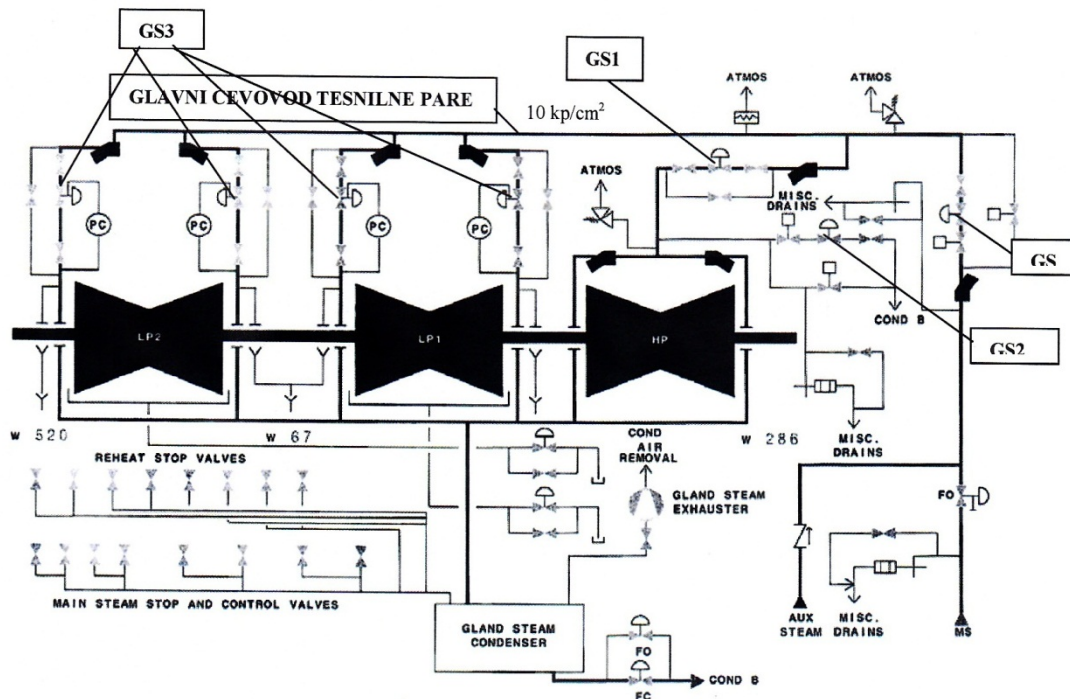


Slika 34:
Aksialni ležaj



POMOŽNI SISTEMI

SISTEM TESNILNE PARE

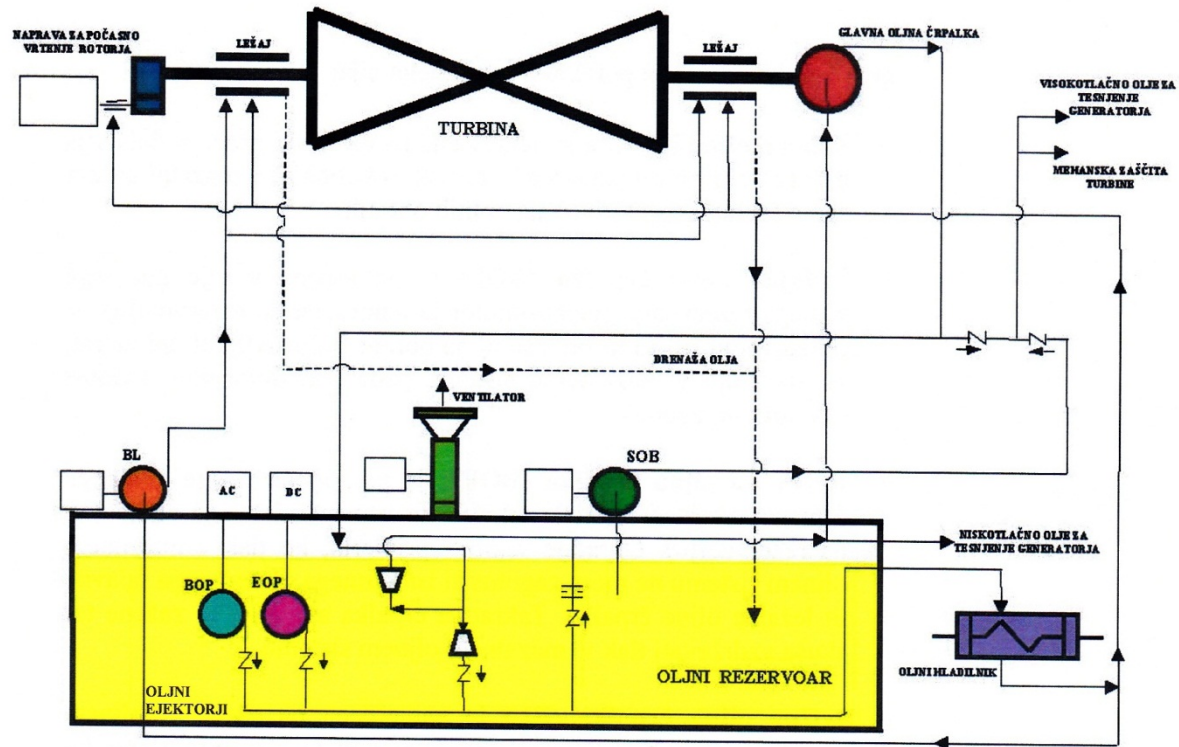


Slika 35:

Shema sistema tesnilne pare. Namen sistema jeda dovaja paro pod določenimi pogoji v labirintna tesnila turbine. Ta tesnila preprečujejo vdor zraka v turbino.

POMOŽNI SISTEMI

SISTEM MAZALNEGA OLJA

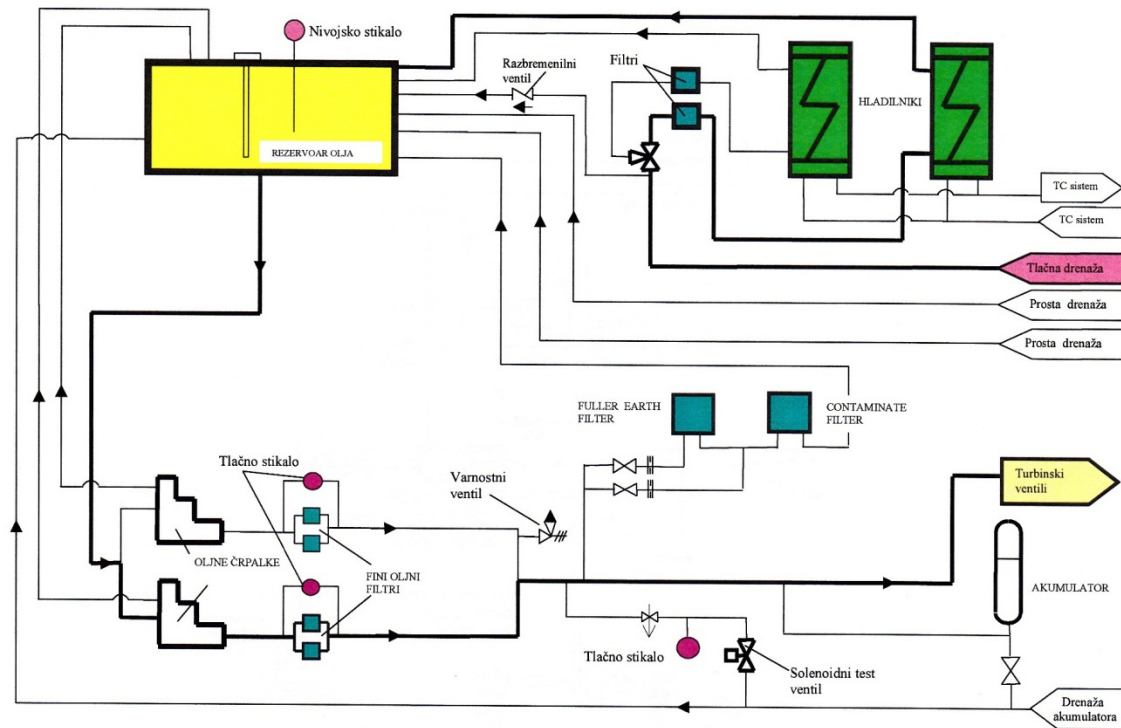


Slika 36:

Shema sistema. Potreben je za mazanje turbo-generatorjev in zagotavlja dodatno tesnenje. Oskrbuje napravo za počasno vrtenje rotorja z mazalnim oljem in je del varovalnega sistema turbine (Auto Stop Oil System)

POMOŽNI SISTEMI

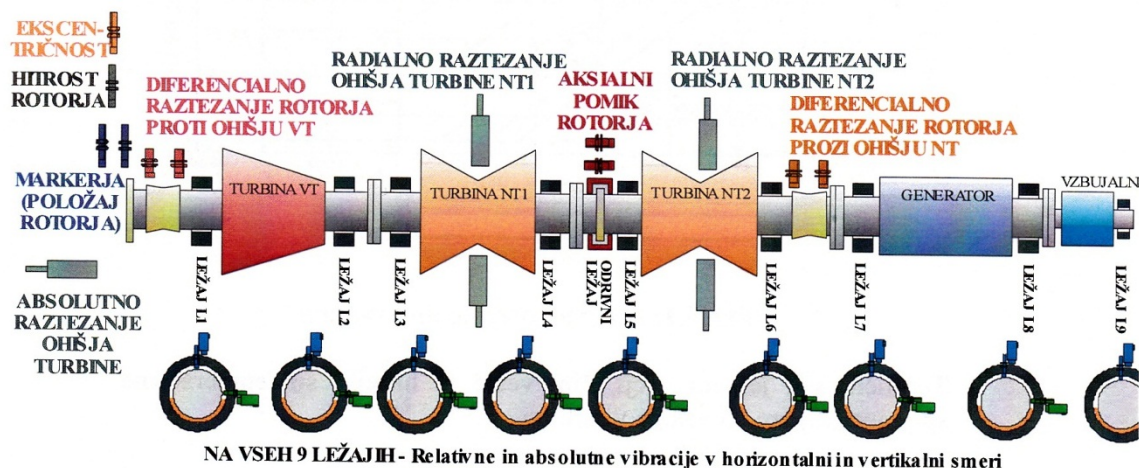
VISOKOTLAČNI OLJNI SISTEM



Slika 37:
Shema visokotlačnega oljnega sistema. Ta sistem krmili vse turbinske ventile.

POMOŽNI SISTEMI

TURBINSKA INSTRUMENTACIJA



Slika 38:
Shema instrumentacije turbine

Instrumentacija na turbini

- Abs. raztezanje ohišja
- Ekscentričnost rototja
- Hitrost rotorja
- Diferencialno raztezanje rot.
- Vibracije ležajev
- Aksialni pomik rototja

Ostala instrumentacija

- Temperatura ležajev
- Pritisk mazalnega olja
- Temperatura mazalnega olja
- Temperatura ohišij turbine
- Vakuum v kondenzatorju
- Tlak pare za prvo (reg.) stopnjo
- Pozicija turbinskih ventilov

HVALA ZA POZORNOST

VIRI:

- Tomaž Skobe: Turbina, Inštitut Jožef Štefan, Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča, Revizija 1, november 2006, Ljubljana
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Turbine> (24.10.2012)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Electrohydraulic_servo_valve (24.10.2012)
- <http://www.blow-moulding-controls.com/valverepairservicing/proportionalservoalverepair.html> (24.10.2012)