





---

**NOVI FORMAT**

Izdanje

**FEBRUAR 2025**

Sadržaj

	<b>MOTORI ZA JEDNOSMERNU STRUJU .....</b>	<b>2</b>
	<b>REGULACIJA NIVOVA I KVALITETA VODE U PARNOM KOTLU...4</b>	
	<b>KOGENERACIJA .....</b>	<b>10</b>
	<b>REDUCIR-STANICE .....</b>	<b>12</b>

*Izdanje pripremili:*

- *Branko Matajuroc : Motori za jednosmernu struju*
- *Slavko Mikić : Regulacija nivoa i kvaliteta vode u parnom kotlu*
- *Dušan Bačić : Kogeneracija*
- *Slobodan Raketić : Reducir-stanice*



## MOTORI ZA JEDNOSMERNU STRUJU

Ova vrsta motora za svoj rad koristi jednosmernu struju, koja izaziva obrtno kretanje osovine rotora, koja je spregnuta sa radnom mašinom, pri čemu dolazi do pretvaranja električne energije u mehanički rad.

### **Pronalazak, razvoj i upotreba motora za jednosmernu struju**

Smatra se da je pronalazak motora za jednosmernu struju vezan za početak XIX veka, tačnije 1832. godinu. Te godine je britanski pronalazač Sturgeon napravio prvi komutacioni motor za jednosmernu struju, koji je mogao da pokreće radnu mašinu. U narednim godinama, ovaj pronalazak su razvijali mnogi drugi pronalazači, da bi 1886. godine Frenk Džulijan Sprag izumeo motor koji je mogao da održava konstantnu brzinu pri promenljivim opterećenjima. Njegov pronalazak doveo je do šire komercijalne upotrebe ove vrste motora, kao što je prvi električni lift. Kasnije, motor je dalje usavršavan, da bi danas imao široku primenu u svakodnevnom životu: auto industrija; alati sa baterijskim napajanjem; invalidska kolica; vozila koja za svoje kretanje koriste električnu energiju; u elektromotornim pogonima sa promenljivom brzinom; u industriji igračaka; za električnu vuču (električne lokomotive, tramvaji, trolejbusi).

### **Komutacioni motori za jednosmernu struju**

Po konstrukciji se ne razlikuju od generatora jednosmerne struje.

Na statoru se nalazi pobudni namotaj (induktor), koji služi za stvaranje magnetnog polja, a na rotoru se nalazi namotaj indukta.

Sam rotor je načinjen od specijalnih i međusobno izolovanih limova (tzv. "dinamo" limovi). Debljina ovih limova je obično 0,5mm. Limovi su tako složeni da obrazuju cilindar, na čijem obodu se nalaze žlebovi u koje se smešta namotaj.

Na rotoru je takođe smešten deo koji se naziva *komutator*. On je sačinjen od niza bakarnih segmenata (tzv. kriški), koji su međusobno i u odnosu na osovinu rotora izolovani. Na ove segmente se vezuju sekcije namotaja rotora.

Na površinu komutatora naležu dve, dijametralno postavljene, nepokretne, *ugljene dirke (četkice)*, čija je uloga da spoje priključne krajeva motora (na koje se dovodi jednosmerni napon), sa namotajem rotora.

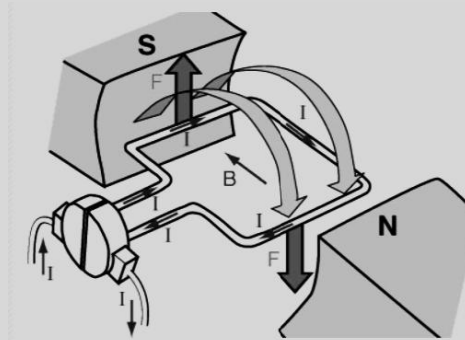
Da bi motor za jednosmernu struju ispravno i dugotrajno radio, neophodna je dobra komutacija. Loša komutacija dovodi do smanjene efikasnosti motora i prekomernog habanja četkica i komutatora.

Komutacijom se menja smer struje kroz namotaje rotora. Tačka komutacije treba da se desi kada je, između namotaja koji se kratko spajaju, potencijal jednak 0 (nula). Na taj način će se smanjiti luk između četkica i komutatora.

### *Princip rada*

Rotor se nalazi u magnetnom polju koje mogu stvarati ili pobudni namotaj na statoru, ili stalni magneti. Jačina tog magnetnog polja je  $B$ . Ona zavisi, kada imamo pobudni namotaj, od jačine struje koja prolazi kroz taj namotaj. Kroz namotaj rotora, koji napajamo iz jednosmernog izvora, prolazi struja jačine  $I$ . Ako je  $L$  dužina rotorskog namotaja normalnog na pravac vektora magnetne indukcije  $B$ , onda na rotorski namotaj deluje elektromagnetna (Lorentzova) sila, koja je jednaka vektorskom proizvodu struje, magnetne indukcije i dužine  $L$ .

$$F = BIL$$



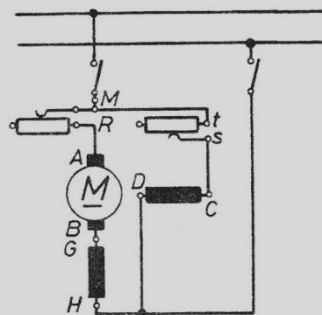
**Slika 1. Princip rada motora za jednosmernu struju**

Pod uticajem Lorencove sile dolazi do okretanja rotora. Smer okretanja se određuje na osnovu tzv. “pravila desne ruke”, koje glasi: ako kažiprst desne ruke pokazuje smer vektora struje kroz namotaj rotora, a srednji prst iste ruke smer vektora magnetne indukcije, onda će palac pokazivati smer vektora sile, koja deluje na namotaj rotora.

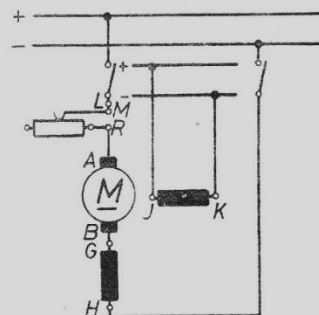
*Podela elektromotora za jednosmernu struju*

Motore za jednosmernu struju delimo prema tome, kako je u odnosu na namotaj rotora vezan namotaj statora (pobudni namotaj).

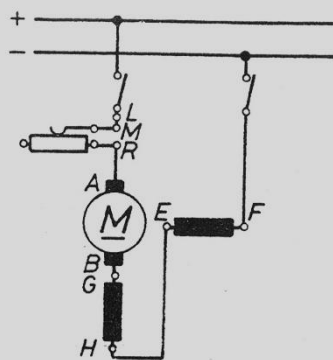
Tako razlikujemo motore sa: nezavisnom; paralelnom; rednom i složenom pobudom.



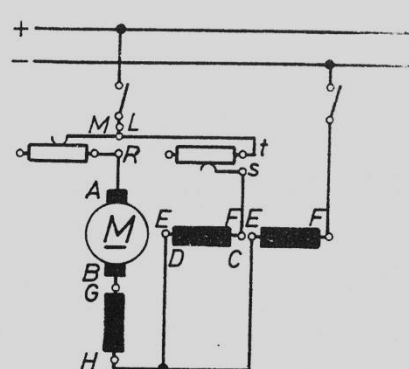
**Slika 2.a Paralelna pobuda**



**Slika 2.b Nezavisna pobuda**



**Slika 2.c Redna pobuda**



**Slika 2.d Složena pobuda**

### *Karakteristike elektromotora za jednosmernu struju*

Kod ove vrste elektromotora relativno lako se utiče na promenu brzine, momenta i smeru okretanja. Brzina zavisi od napona i jačine struje indukta (rotora), kao i od fluksa pobude induktora (statorskog namotaja). Momenat zavisi od fluksa pobude i struje indukta, a smer od usaglašenosti smerova struja u namotajima rotora i statora. Ukoliko su smerovi usaglašeni, obrtaće se u desnom smeru, gledano u pravcu pogonskog dela motora.

Brzina se može menjati pomoću promenljivog otpornika ili promenom napona, koji se dovodi na elektromotor, pri konstantnom fluksu pobude. Mehanička karakteristika motora predstavlja zavisnost momenta od brzine obrtanja motora ( $n$ ). Kod motora sa **otočnom (paralelnom) pobudom** fluks pobude je konstantan, pa je momenat srazmeran struji opterećenja ( $I$ ).

$$M = k\Phi I$$

Kod ove vrste motora brzina zavisi od napona i pada napona ( $RI$ ) u rotoru. Napon ( $U$ ) je konstantan, a pad napona zavisi od opterećenja ( $I$ ). Ova promena pada napona nije velika, tako da će i promena brzine biti mala. Zbog toga se ovi motori koriste u aplikacijama koje zahtevaju stalnu brzinu obrtanja.

Kod motora sa **rednom pobudom**, sa povećanjem opterećenja brzina naglo pada. Zbog toga nisu pogodni za pokretanje takozvanih mašina radilica (mašine sa stalnom brzinom obrtanja). Međutim, ovi motori mogu da daju jako veliki polazni momenat, obzirom da je kod njih momenat srazmeran kvadratu struje opterećenja. Pošto su polazne struje jako velike, biće veliki i polazni momenat. Iz tog razloga se ova vrsta motora koristi za električnu vuču (vozovi, tramvaji).

Kao što je u prethodnom tekstu rečeno, problemi koji nastaju kod elektromotora za jednosmernu struju su uglavnom vezani za komutator. Naime, četkice u toku rada elektromotora prelaze preko segmenata komutatora, pri čemu dolazi do varničenja. Usled toga dolazi do oštećenja i trošenja komutatora i četkica, što zahteva redovno periodično održavanje.

Motori koji imaju baterijsko napajanje, rade se za napone 6, 12, 24, ili 48V. Motori većih snaga se napajaju naponom koji se dobija sa generatora jednosmerne struje, ili ispravljenim naizmeničnim naponom i tada obično imaju napon od 115 do 500 V

Danas se rade i **motori za jednosmernu struju bez četkica**, kod kojih se komutacija vrši uz pomoć elektronskih komponenti.

Kod trofaznog motora bez četkica, rotor je trajni magnet, i okružen je sa tri pobudna namotaja (A, B, i C), koji se nalaze na statoru. Svaki pobudni namotaj se može uključiti i isključiti nezavisno. Kada je namotaj uključen, severni pol magnet rotora privlači taj namotaj. Uključujući i isključujući namotaje u nizu (A, B, C), rotor se „vuče“ u smeru kazaljke na satu – to jest, polje se, a na taj način i rotor, elektronski rotira.



## REGULACIJA NIVOVA I KVALITETA VODE U PARNOM KOTLU

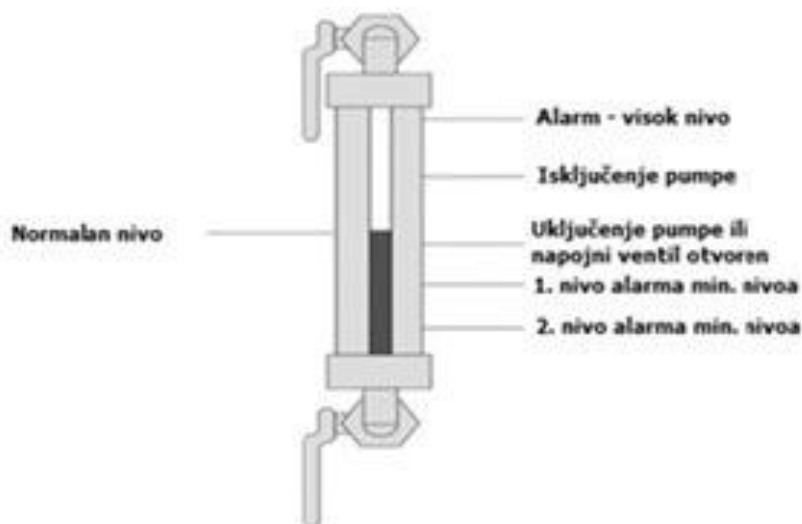
### Opšte o regulaciji nivoa vode u parnom kotlu

Nivo vode u parnom kotlu je jedan od najvažnijih parametara u radu kotla, koji treba meriti i regulisati. Da bi kotao radio bezbedno i efikasno, nivo vode u kotlu mora biti konstantan. Ovo važi za sve parne kotlove, bez obzira na vrstu goriva koju koriste - tečno, gasovito ili čvrsto. Regulacija nivoa vode je principijelno ista za sve parne kotlove, bez obzira na vrstu goriva koju koriste.

### Alarmi nivoa vode

#### Alarmi niskog nivoa vode u parnom kotlu

Na svim parnim kotlovima, potrebno je da postoji ugrađena oprema koja će obezbediti alarme i blokade za nizak nivo vode, da bi se kotao isključio iz pogona u slučaju nedostatka vode u kotlu (Slika 1).



**Slika 1 – Nivoi vode u parnom kotlu**

Do nedozvoljeno niskog nivoa može da dođe zbog sledećih razloga:

- nedostatak napojne vode u napojnom rezervoaru,
- kvar napojne pumpe,
- kvar na cevovodu napojne vode,
- kvar sistema regulacije nivoa.

Alarmi niskog nivoa vode u parnom kotlu treba da deluju na sledeći način:

- prvi alarm niskog nivoa - isključuje gorionik na nivou alarma, ali mu dozvoljava da se ponovo uključi ako se nivo povрати,
- drugi alarm niskog nivoa (često se naziva blokada) - takođe isključuje gorionik na nivou alarma, ali rad gorionika ostaje "blokiran" čak i ako se nivo vode povрати i sve greške otklone. Blokiranje se mora ručno resetovati da bi se gorionik ponovo uključio.

## Alarm visokog nivoa vode u parnom kotlu

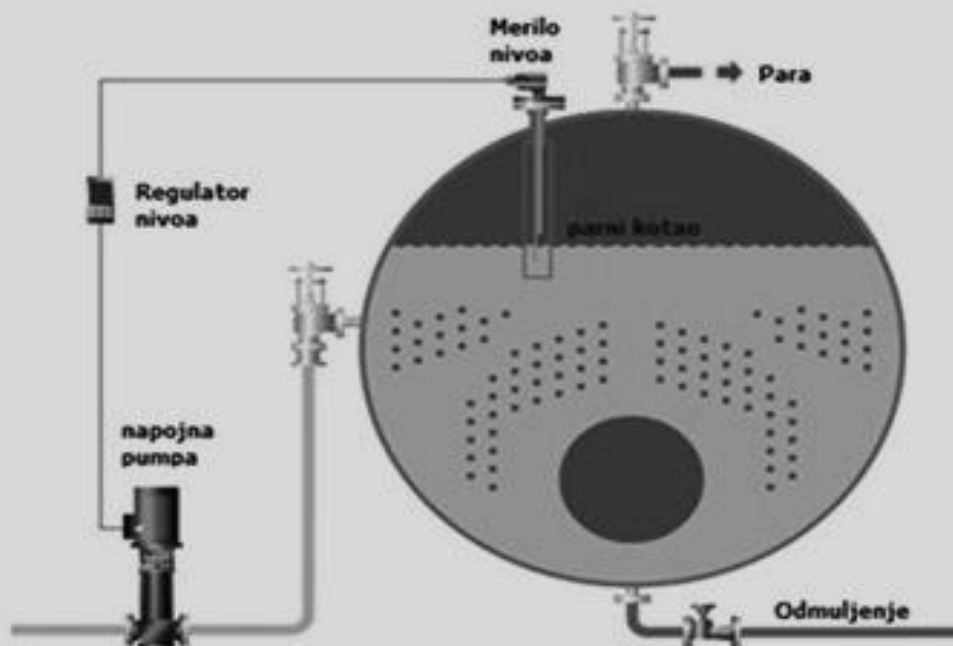
Rizici od previsokog nivoa vode u kotlu tretiraju se veoma olako, a često se u potpunosti zanemaruju. Opasnosti od preterano visokog nivoa vode zaslužuju jednaku pažnju kao i opasnosti od niskog nivoa vode.

Alarm previsokog nivoa vode u kotlu treba da dovede do sledećih akcija:

- isključenje napojne pumpe,
- isključenje gorionika,
- zatvaranje ventila napojne vode.

## Dvopoložajna (ON/OFF) regulacija nivoa vode u parnom kotlu

Najčešći metod regulacije nivoa je jednostavno pokretanje pumpe za napajanje kotla vodom pri niskom nivou i rad pumpe dok se u kotlu ne postigne zahtevani nivo vode.



**Slika 2 – ON/OFF regulacija nivoa u parnom kotlu**

Ovaj tip ON/OFF regulacije nivoa (Slika 2) nije idealan za upravljanje kotlom, jer nepotrebno veliki protok "hladne" napojne vode kada je pumpa uključena smanjuje pritisak u kotlu. To dovodi do toga da vreme rada gorionika neprekidno varira kako se pumpa uključuje i isključuje.

ON/OFF regulacija nivoa vode u kotlu, često se koristi na kotlovima male i srednje snage. Primena ON/OFF regulacije nivoa vode dovodi do mnogih problema u radu parnih kotlova koji rade sa velikim promenama opterećenja

### Prednosti:

- jednostavan princip,
- niska cena,
- dobro za kotlove u stanju pripravnosti.

### Nedostaci:

- svaki kotao zahteva svoju napojnu pumpu,
- više habanja mehaničkih elemenata na pumpi za napajanje i upravljačkoj opremi,
- promenljivi pritisak i protok pare,
- problemi pri velikim promenama opterećenja.

### **Kontinualna regulacija nivoa vode u parnom kotlu**

U ovoj vrsti regulacije pumpa za napajanje radi neprekidno, a regulacioni ventil (između pumpe za napajanje i kotla), po nalogu regulatora kontroliše protok napojne vode kako bi odgovorio potrebama potrošnje pare.

Kada pravilno funkcioniše, kontinualna regulacija će osigurati veću stabilnost nivoa vode u kotlu. Za kontinualnu regulaciju nivoa mogu se koristiti sledeće metode za merenje nivoa vode:

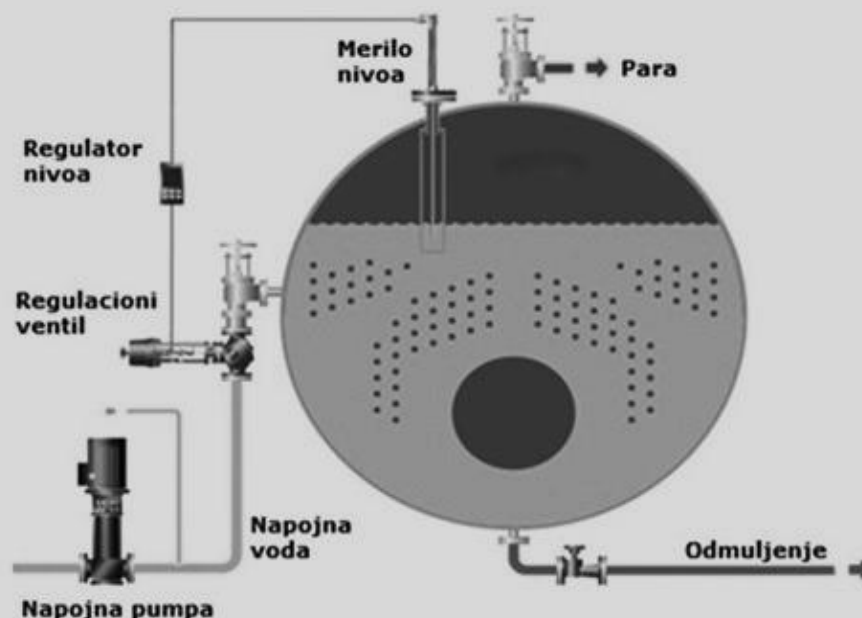
- kapacitivne sonde,
- pretvarači diferencijalnog pritiska,
- plovci sa strujnim izlazom.

### **Jednoimpulsna regulacija nivoa vode u parnom kotlu**

Standardni jednoimpulsni sistem za regulaciju nivoa kotlovske vode (Slika 3) koristi samo impuls od nivoa vode i daje odličnu regulaciju na većini kotlova.

Kod ove vrste regulacije sa jednim impulsom, regulisana veličina - nivo vode mora se smanjiti, da bi se otvorio regulacioni ventil napojne vode.

Međutim, kada postoje vrlo nagle promene opterećenja, kod nekih tipova kotlova, jednoimpulsna regulacija ima svoja ograničenja.



**Slika 3 – Jednoimpulsna regulacija nivoa vode u parnom kotlu**

Opisaćemo rad kotla sa jednoimpulsnom regulacijom nivoa vode:

- Voda u kotlu je mešavina vode i mehurića pare i manje je gustine od same vode.

- Ako se potrošnja pare poveća, pritisak u kotlu u početku opada, a sistem upravljanja produžiće vreme rada gorionika. Brzina isparavanja povećaće se kako bi se zadovoljila povećana potražnja pare.
- Povećana brzina isparavanja znači da će voda u kotlu sadržati više mehurića pare i imaće još manju gustinu.

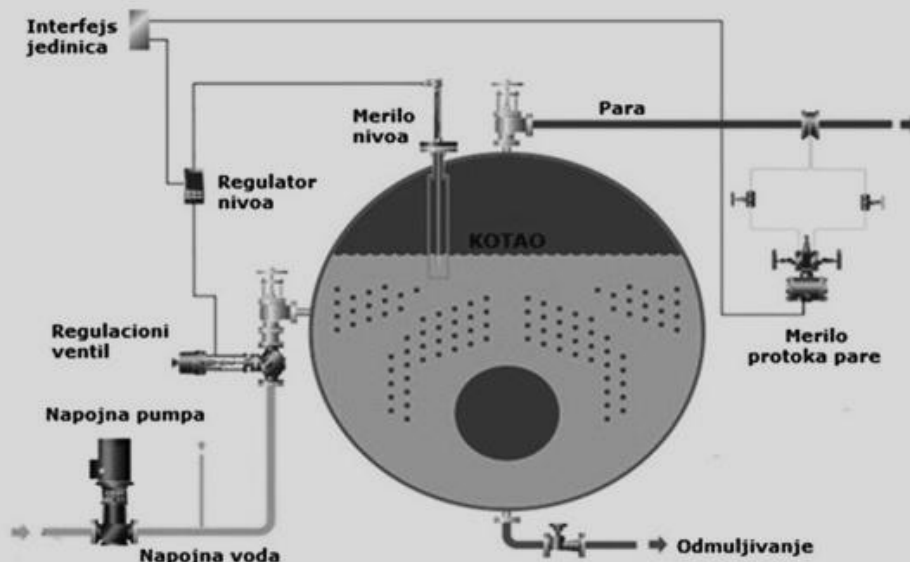
Ako se kotao naglo optereti:

- Pritisak u kotlu se dalje smanjuje i deo vode iz kotla će ubrzano isparavati. Isparavanje vode u kotlu, plus povećani unos toplote, dok se gorionici opterećuju do maksimuma, znači da će "voda" u kotlu sadržati još više mehurića pare, a gustina će se dodatno smanjiti.
- Kako pritisak opada, specifična zapremina pare se povećava, a rezultujuća veća brzina kojom se para odvodi iz kotla može stvoriti "naduvavanje" mešavine parnih mehurića i vode, što rezultira prividnim porastom nivoa vode.
- Regulacija nivoa će registrovati ovaj očigledni porast nivoa vode i početi zatvarati regulacioni ventil napojne vode, u trenutku kada je zapravo potrebno više vode. Imaćemo situaciju da postoji velika potreba za parom, a kotlu se ne dodaje voda da bi se održao nivo.
- Dostiže se tačka u kojoj će jednog trenutka nivo naglo opasti, moguće do nivoa ispod alarma niskog nivoa, i kotao može iznenada da se "blokira", dovodeći postrojenje van funkcije.

### Dvoimpulsna regulacija nivoa vode u parnom kotlu

Dvoimpulsna regulacija (Slika 4) koristi dva signala za regulaciju:

- signal nivoa vode
- signal protoka pare na izlazu iz parnog kotla.



**Slika 4 – Dvoimpulsna regulacija nivoa vode u parnom kotlu**

Kada signal pokazuje da se protok pare naglo povećava, signal nivoa deluje obrnuto nego inače i njegovo povećanje dovodi do povećanja dotoka napojne vode. Na taj način postizemo da protok napojne vode raste pri visokim brzinama isparavanja, bez obzira na to što nivo vode u tom periodu raste.



Time se nastoji osigurati da količina vode u kotlu ostane konstantna pri svim opterećenjima i da se tokom perioda povećane, iznenadne potrebe za parom, otvori regulacioni ventil napojne vode.

Sistem funkcionise tako što koristi signal sa merila protoka pare instaliranog u cevovodu za odvod pare, za povećanje zadate vrednosti regulatora nivoa pri velikoj potrošnji pare.

Dva signala za regulaciju nivoa kod dvoimpulsne regulacije su:

- signal nivoa vode u kotlu,
- signal protoka sa merila protoka pare u odvodu pare iz kotla.

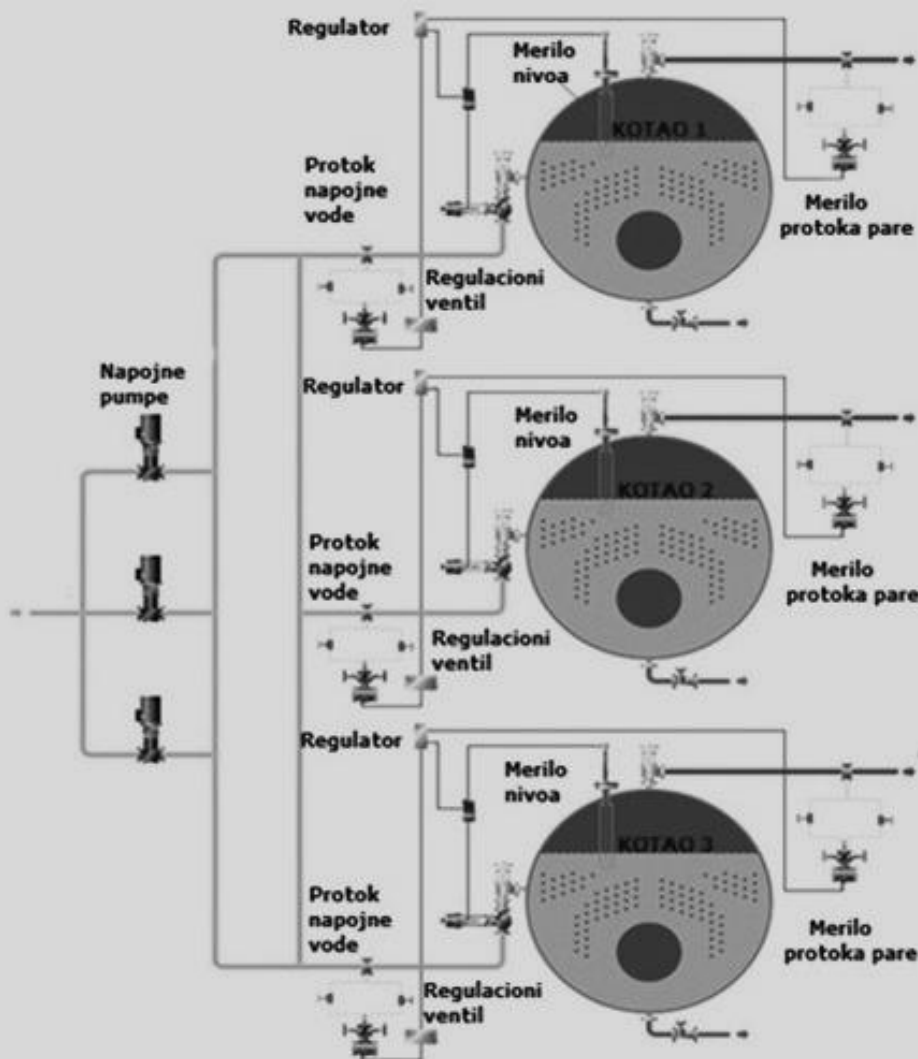
Oblasti primene dvoimpulsne regulacije nivoa vode:

- parni kotlovi kod kojih dolazi do čestih, iznenadnih i velikih promena opterećenja.

### Troimpulsna regulacija nivoa vode u parnom kotlu

Regulacija bazirana na tri signala – troimpulsna regulacija (Slika 5), sadrži, pored dva signala kao u dvoimpulsnoj regulaciji (nivo, protok pare), i protok napojne vode na ulazu u kotao kao treći signal. Tri signala za regulaciju nivoa vode kod troimpulsne regulacije su:

- signal nivoa vode
- signal protoka pare na izlazu iz parnog kotla,
- Signal protoka napojne vode na ulazu u kotao.



Slika 5 – Troimpulsna regulacija nivoa vode u parnom kotlu

Budući da pritisak u glavnom krugu napojne vode varira, količina vode koju će propustiti regulacioni ventil napojne vode takođe će varirati za bilo koji određeni otvor ventila. Treći ulazni signal – protok napojne vode, modifikuje izlazni signal regulatora uzimajući u obzir ovu varijaciju pritiska i tako modifikovan deluje na regulacioni ventil napojne vode.

Troimpulsna regulacija se obavezno koristi kod velikih parnih kotlova za regulaciju nivoa vode u bubnju kotla.

---



## KOGENERACIJA

Kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije naziva se kogeneracija (CHP).

Kogeneracija može da uštedi do 30% na troškovima primarne energije u poređenju sa odvojenom kupovinom električne energije iz električne mreže i prirodnog gasa za korišćenje u kotlovima za proizvodnju toplotne energije.

CHP se koristi dugi niz godina širom sveta u različitim industrijama u nekoliko oblika (parni kotlovi i parne turbine, gasne turbine, motori sa unutrašnjim sagorevanjem goriva (SUS) i sistemi za rekuperaciju toplote). Odabrana rešenja zavise od više faktora i to od cene i vrste gasa, obnovljivog goriva kao i vodonika i tržišta za plasman energije.

Kogeneracija u industriji je brzo rasla ugradnjom gasnih turbina i parnih kotlova, a u komercijalnom sektoru i bolnicama instaliranjem postrojenja za gasne motore. Danas je zbog smanjenja veličine postrojenja i zahteva za većom fleksibilnošću rada gasni motor CHP postao vodeća tehnologija.

Sa težnjom ka održivoj ekonomiji sa nultom emisijom ugljenika, svi glavni proizvođači imaju varijante gasnih motora na biogas, biometan, na zeleni gas kao i za korišćenje vodonika (kao mešavine sa nekom vrstom gasa ili čistog vodonika).

CHP je dokazana tehnologija i može da obezbedi efikasnost proizvodnje do 95% koristeći prirodni gas sa niskim sadržajem ugljenika kao gorivo. Kada gasne mreže postanu zelene, ugljenični otisak CHP će se smanjiti. Međutim, CHP može direktno da koristi goriva sa nultom emisijom ugljenika i tako da dostigne nulti ili negativni otisak ugljenika.

Kada preduzeća planiraju izgradnju novih objekata ili poboljšanja postojećih, uvek treba da uzmu u obzir kogeneraciju ili trigeneraciju, poznatu i kao kombinovana proizvodnja rashladne toplote (CCHP). CHP može da igra dragocenu ulogu u podršci poslovanju pružanjem održivog, bezbednog i fleksibilnog energetskog rešenja.

Kako kogeneracija funkcioniše?

Gorivo (fosilno ili obnovljivo) sagoreva, a proizvedena energija se koristi za pogon klipnog motora ili gasne turbine, koji proizvode mehaničku energiju i toplotu. Mehanička energija se pretvara u električnu energiju preko alternatora, a toplota je dostupna za direktnu upotrebu ili se pretvara u oblik, pogodan za ispunjavanje zahteva lokacije.

Visoka energetska efikasnost se postiže jer se električna energija i toplota iz CHP postrojenja proizvode i troše na licu mesta, izbegavajući gubitke u prenosu od oko 7,5% koji nastaju u transportu električne energije do udaljenih potrošača.

## Potreba za hlađenjem

Tamo gde lokacije imaju malu potražnju za toplotom, ali zahtevaju hlađenje za proces, korisnici mogu da uvedu apsorpciono hlađenje u svoje CHP postrojenje koje može da radi na temperaturama do  $-5^{\circ}\text{C}$ . Ovo se naziva kombinovana proizvodnja toplote za grejanje i hlađenje (CCHP) ili trigeneracija i može da se koristi za grejanje i hlađenje (klimatizaciju) objekata.

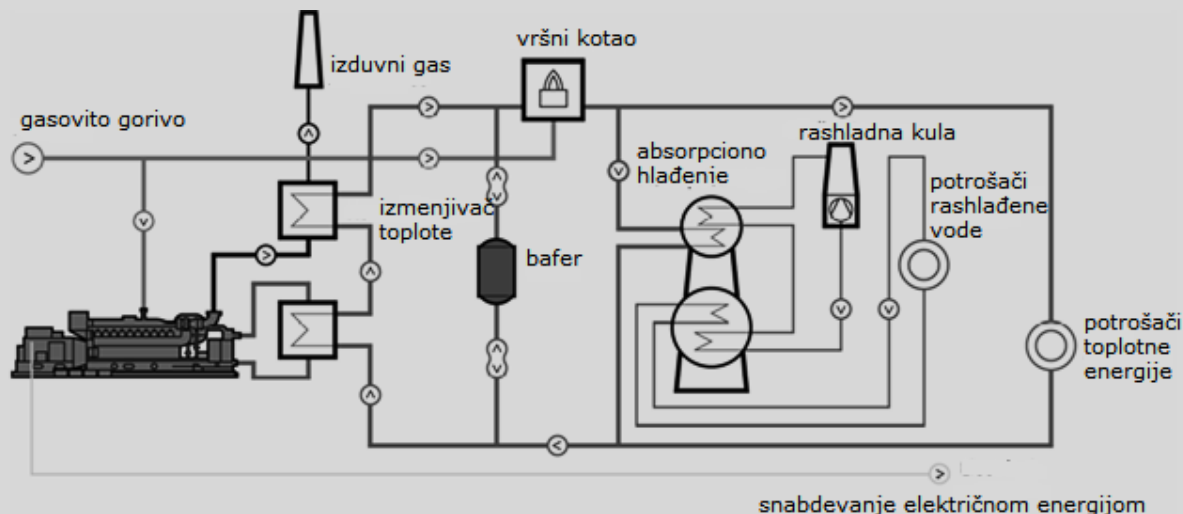
## Korišćene $\text{CO}_2$ iz izduvnog (otpadnog) gasa

Tamo gde organizacija ima potrebu za  $\text{CO}_2$  u svojim procesima (uzgajivači u staklenicima, industrija gaziranih pića, industrija za preradu hrane, pivarska industrija), proizvodnja  $\text{CO}_2$  iz sagorevanja goriva na bazi ugljenika može biti ekonomična.

Termin *Kuad generacija* je dat CHP-u sa uključivanjem opreme koja uzima izduvne gasove i obrađuje ih kako bi ispunila zahteve korisnika za određenu upotrebu. Za uzgajivača, ovo može biti jednostavno čišćenje zagađivača iz izduvnih gasova i hlađenje gasova, dok će za industriju hrane i pića koja zahteva 99,99% čistog  $\text{CO}_2$  ovo zahtevati sofisticiraniju preradu.

Kod preduzeća koja imaju potrebu da koriste različite vrste energije, toplotu, paru, hlađenje i  $\text{CO}_2$  u procesima, CHP, Trigeneracija ili Kuad generacija može biti deo energetske strategije. Ne odgovara svakoj organizaciji, ali tamo gde odgovara, CHP može da pruži značajne prednosti kao što su:

- da smanjite ili upravljajte troškovima energije
- poboljšanje ugljeničnog otiska
- fleksibilnost u radu pomaže u upravljanju potražnjom i snabdevanjem energijom
- poboljšanje energetske stabilnosti
- buduća zaštita lokacije od nekontrolisanih spoljnih energetskih faktora
- kogeneracija toplotne i električne energije iz jednog ulaza goriva
- visoko energetski efikasan.



Na slici je kombinovana proizvodnja toplotne energije (ili rashladne po potrebi) i električne energije (CCHP).

Gorivo koje snabdeva SUS motor može biti prirodni gas, metan  $\text{CH}_4$ , rafinerijski gasovi, biogas, kao i mešavine vodonika i prirodnog gasa. Neki proizvođači motora nude opciju sa korišćenjem čistog vodonika. Izduvni gas je voda u parnom stanju što doprinosi očuvanju životne sredine.

Sa samog motora koristi se rekuperacija sledećih fluida:

- izmenjivač toplote na izduvnom gasu
- za rashladnu vodu motora
- izmenjivač toplote za ulje za podmazivanje motora

- izmenjivač toplote za hlađenje vazduha u međustepenu sabijanja turbopunjača (samo kod većih motora).

Paralelno sa odlaznom toplom vodom sakupljenom iz rekuperacije motora i povratnom vodom iz mreže potrošača koji koriste toplotnu energiju, povezan je bafer (akumulator toplote) koji amortizuje promene zahteva za potrošnjom tople vode.

Rekuperirana voda struji preko vršnog kotla ka potrošačima. U slučaju zahteva za većom toplotnom energijom (za zagrevanje ili hlađenje) uključuje se, vršni kotao koji koristi istu vrstu goriva kao i motor SUS.

Potrošači rashladne vode dobijaju rashladnu vodu iz apsorpcionog uređaja.

Princip rada apsorpcionog uređaja je odvajanje i rekombinacija rashladnog sredstva i apsorbenta da bi se stvorio efekat hlađenja. Obično su apsorpcioni rashladni uređaji ili sa ciklusom  $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$  (amonijak-voda) ili sa ciklusom LiBr (litijum-bromid). U prvom ciklusu, voda deluje kao apsorvent, dok rastvor vode i amonijaka deluje kao rashladno sredstvo. U poslednjem ciklusu, litijum bromid je apsorvent, a voda je rashladno sredstvo. Većina industrijskih rashladnih uređaja koristi za apsorpciju sistem sa vodenom parom i amonijakom zbog visoke rastvorljivost istog u vodi.

Rashladni uređaj za apsorpciju voda-amonijak radi sa pozitivnim pritiskom (Li-Br radi sa negativnim pritiskom) smanjujući probleme održavanja i čineći uređaj robusnijim. Može da radi u ekstremnim uslovima (visoka temperatura kondenzacije i niska temperatura isparavanja).

U stanju je da ohladi glikol na temperaturama ispod  $0^\circ\text{C}$ .

Kompatibilan je sa kondenzatorom sa vazдушnim hlađenjem (nulta potrošnja vode).

Korišćenjem  $\text{NH}_3$  ili LiBr a ne gasova za hlađenje (CFC, HCFC i HFC) koji doprinose efektu staklene bašte, daje se doprinos zaštiti životne sredine.

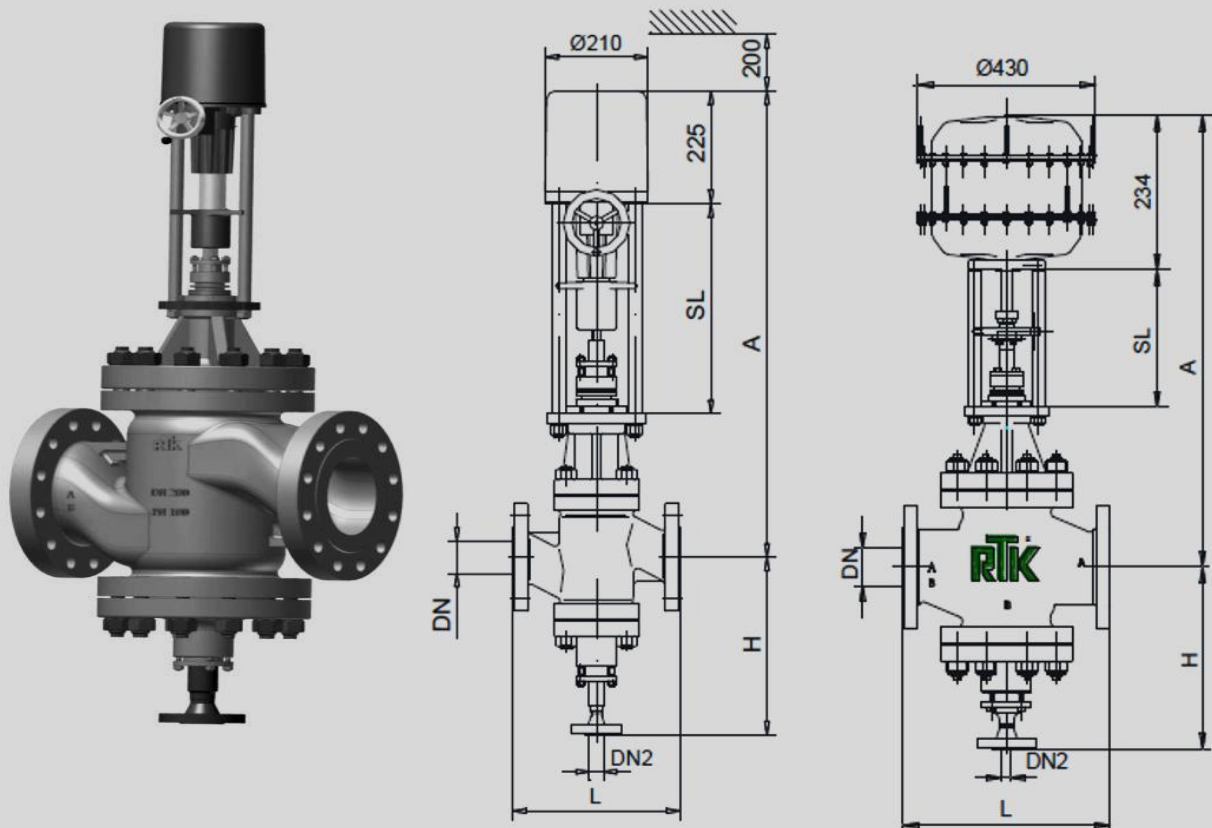


## **REDUCIR-STANICE**

Jedan od najvažnijih elemenata termoenergetskog postrojenja – termoelektrane, toplane-termoelektrane ili toplane sa parnim kotlovima je uređaj za snižavanje pritiska i temperature pare koja se koristi u procesu transformacije energije u postrojenju ili se isporučuje potrošačima vodene pare u industrijskim pogonima. Ova oprema se instalira u pogonima kako konvencionalnih parnih postrojenja, tako i u postrojenjima najvećih snaga i ekstremno visokih parametara pare i zadatak joj je da snižava pritisak i temperaturu vodene pare bilo kojih polaznih parametara.

Kada se para proizvedena u kotlu koristi ne samo za pogon turbine već i za potrošnju za druge namene (u termičkoj pripremi vode, na primer), kao i u slučajevima izazvanim određenim režimima rada parne turbine ili ispada turbine iz rada, pari se snižava (reducira) pritisak i snižava se temperatura pare prema potrebama potrošača. Snižavanje pritiska pare („gušenje pare“) obavlja se pomoću ventila za regulisanje pritiska

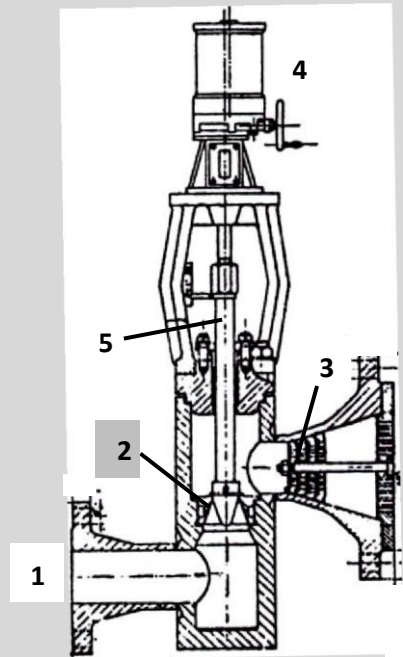
a snižavanje temperature hlađenjem pare. Ovo se odvija u reducir-stanicama (sreće se i naziv *redukciono-rashladne stanice*), koje se izvode na dva načina: sa posebnim ventilom za snižavanje pritiska i posebnim hladnjakom ili u ventil za regulisanje pritiska neposredno se ubrizgava rashladna voda. Istovremeno redukovanje pritiska i hlađenje pare u istom ventilu modernije je rešenje. Kada su reducir-stanice vezane za režim rada turbine tada služe kao „bajpas“ – obilazni vod oko turbine. Uopšte, reducir-stanice se primenjuju tamo gde je za potrošače potrebna para nižih parametara od parametara pare proizvedene u kotlu ili oduzete iz turbine.



Na gornjoj slici prikazani su ventili za regulaciju pritiska i temperature vodene pare kao kompaktne reducir-stanice sa električnim (levo i u sredini) i pneumatskim (desno) aktuatorom, koji dobija komande od udaljenog regulacionog modula. Prečnici ovakvih ventila idu do 250 mm sa nazivnim pritiscima do 100 bara. Zbog konfiguracije aktuatora, ukupna visina uređaja (A+H) kreće se od 1.000 do 1.600 mm za pneumatski pogon i od 1.100 do 1.750 mm za električni pogon. U oba slučaja ugradna dužina ventila sa prirubicama (L) je od 230 do 730 mm.

U kompaktnoj reducir-stanici, prikazanoj na donjoj slici, para se uvodi (1) u sedište ventila (2), u čiji se prstenasti otvor ubrizgava rashladna voda. U sedištu je najveća brzina pare pa se raspršivanje i isparavanje vode i mešanje sa parom odvija efikasno i brzo. Pritisak pare se smanjuje delom usled suženja poprečnog preseka u sedištu ventila a delom u rupičastim prigušnicama (3), koje su ušvršćene na izlaznoj konusnoj strani ventila za reduciranje pritiska. Rupičastu prigušnicu čine izbušene ploče, postavljene tako da se rupice jedne ploče ne poklapaju sa rupicama druge ploče. Upotrebom rupičastih prigušnica smanjuje se buka, koja neminovno prati rad reducir-stanica. Električni ili pneumatski aktuator (4) pokreće vreteno ventila (5).

Kod ovog reducir-ventila pritisak pare se snižava pomoću perforiranog konusa u sedištu reducir-ventila a rashladna voda se ubrizgava u perforirani konus odozdo. Ograničenje brzine pare i smanjenje buke ostvaruju se u proširenoj cevi, koja se montira na izlazni otvor reducir-ventila, čija je minimalna dužina od 4 do 5 m iza ventila, što je potrebno i za potpuno isparavanje ubrizgane vode. Cevovod pre ventila je ravan i bez račvanja ili armature u dužini, koju određuje isporučilac ventila a dreniranje cevovoda (ugradnjom odvajača kondenzata i slavine ili ventila za drenažu) se obavlja pre i posle tih ograničenja. Pre reducir-ventila po potrebi se postavlja automatski zaporni (leptir) ventil radi zaštite od previsokog pritiska ili previsoke temperature.



U zavisnosti od primene reducir-stanice bira se i instalira njena automatika, pogotovu ako stanica mora da prihvati veliku količinu pare u slučaju ispada turbine – tada je ventil velikog kapaciteta i kratkog vremena za reakciju. U takvim slučajevima instaliraju se dve reducir-stanice – jedna, kapaciteta za vanredne situacije i druga, za normalan režim pogona. To bitno poskupljuje ovu opremu, koja i inače nije jeftina i koja ne doprinosi ekonomičnosti pogona zbog samog procesa u regulacionom ventilu.

Automatska regulacija pritiska i temperature pare na izlazu iz stanice je standardna: signal sa merila pritiska stiže u regulator, odakle se upravlja automatskim regulacionim ventilom, održavanjem izlaznog pritiska pare na zadatoj vrednosti. Istovremeno signal sa merila izlazne temperature pare se obrađuje u regulatoru, koji deluje na automatski regulacioni ventil protoka rashladne vode. Rezultat je da se pritisak i temperatura pare na izlazu iz reducir-stanice održavaju na konstantnoj vrednosti nezavisno od pritiska i temperature pare na ulazu u reducir-stanicu. Zato se reducir stanice koriste i za održavanje zadatog pritiska na razdelnicima pare, na koje se dovodi para iz turbine. Za postizanje potrebne sile na vretenu ventila i brzine reakcije na komandne impulse postavlja se električni ili pneumatski aktuator.



Međutim, u termoelektranama velikih snaga, kakve su termoelektrane u elektroprivrednim sistemima, sa ekstremno visokim parametrima pare – pritiska, temperature i snage, odnosno, količine pare, koja se propušta kroz redukciono-rashladne stanice, koriste se uređaji kao na slici, sa prečnicima do 800 mm i temperaturama pare do 600°C.

Budući da se u takvim termoenergetskim postrojenjima generator sveže pare u vidu parnog kotla zbog svoje prirodne inercije može samo polako prilagođavati promenljivoj potražnji, a parna turbina može istovremeno da apsorbuje samo tehnički ograničen maseni protok pare, neophodno je u određenim situacijama tokom rada elektrane višak pare preusmeravati obilazeći turbinu. Teoretski (i praktično) ovaj višak bi mogao biti ispušten u okolnu sredinu preko sigurnosnih ventila generatora pare, ali bi to značilo gubitak energije i samim tim dodatne troškove.

Kao rešenje ovog problema, na svakom stepenu parne turbine može se instalirati posebna grupa ventila, koja preusmerava višak pare iz generatora pare preko odgovarajuće sekcije turbine i direktno u kondenzator bez većeg gubitka pare ili kondenzata i zatim koristiti kao napojna voda. Kako se ovaj „obilazak“ parne turbine kolokvijalno nazivaju i obilaznim (by-pass) stanicama, to se pravi razlika između delova turbine visokog pritiska, srednjeg pritiska i niskog pritiska, tako da u praksi postoje bajpas stanice visokog, srednjeg i niskog pritiska.