

## 10. GASNE - PLINSKE TURBINE

Gasna turbina po principu rada podsjeća na motore sa unutrašnjim sagorijevanjem, jer predstavlja kompletnu jedinku u kojoj se odigravaju svi procesi jednog potpunog energetskog ciklusa do dobijanja mehaničkog rada. Po svojoj konstrukciji gasna turbina podsjeća umnogome na parnu turbinu, bar što se tiče elemenata u kome se iz potencijalne energije radnog fluida dobija mehanička energija.

Gasna turbina predstavlja skup više elemenata, od kojih su glavni radni elementi kompresor, komora za sagorijevanje i sama turbina. Od sporednih elemenata imamo: usisnik, izmjenjivač topline i ispušni vod. Iako je ideja primjene gasne turbine prilično stara, do njenog ostvarenja je trebalo savladati mnogo teškoće. Glavne smetnje njenom ostvarenju su bile mala efikasnost kompresora i mala izdržljivost dotada primjenjivanih materijala za lopatice gasne turbine. Stariji tipovi kompresora su radili sa niskim stepenom korisnog djejtva tako da je snaga, razvijena u gasnoj turbini, trošena skoro sva za pogon kompresora, te nije preostajalo dovoljno snage za korišćenje izvan turbine. Gasna turbina nije davala veliku snagu zbog relativno umjerenih radnih temperatura radnog fluida (gasova), koja je ograničavala nedovoljna izdržljivost turbinskih lopatica koje su opterećene toplotno i mehanički. Tek sa otklanjanjem pomenutih nedostataka, odnosno sa povećanjem stepena korisnog djejtva (boljom konstrukcijom kompresora) i povećanjem snage i vijeka trajanja gasne turbine (boljom konstrukcijom i boljim materijalom lopatica) postignuti su rezultati koji su povećali ekonomičnost gasne turbine i osposoditi je za uspješnu primjenu u praksi.

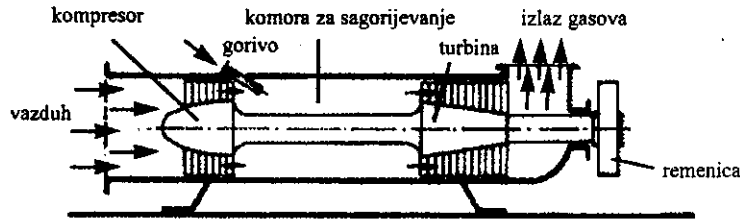
### 10.1. PRINCIP RADA GASNE - PLINSKE TURBINE

U gasnoj turbini procesi se odvijaju na sličan način kao i kod dizel-motora. Dakle, poslije usisavanja i sabijanja vazduha dolazi do ubrizgavanja goriva. Nastala smješa se pali i sagorijeva u komori za sagorijevanje, a potom nastaje širenje gasova kroz turbinu koja proizvodi mehanički rad (sl.10.1.). Međutim, dok su se svi pobrojani procesi odigrali u jednom istom elementu (cilindru) dizel-motora, dotle se u gasnoj turbini ovi procesi odvijaju u posebnim elementima.

U cilindru dizel-motora procesi se vremenski smjenjuju tako da se odvijaju određenim redoslijedom. U gasnoj turbini se isti procesi smjenjuju također po utvrđenom redoslijedu, ali se sami procesi nikad ne prekidaju, već teku kontinuirano. Tako se proces sabijanja odigrava neprekidno u kompresoru, proces sagorijevanja u komori za sagorijevanje, dok se proces širenja i proizvodnje mehaničke energije odvija neprekidno u turbini.

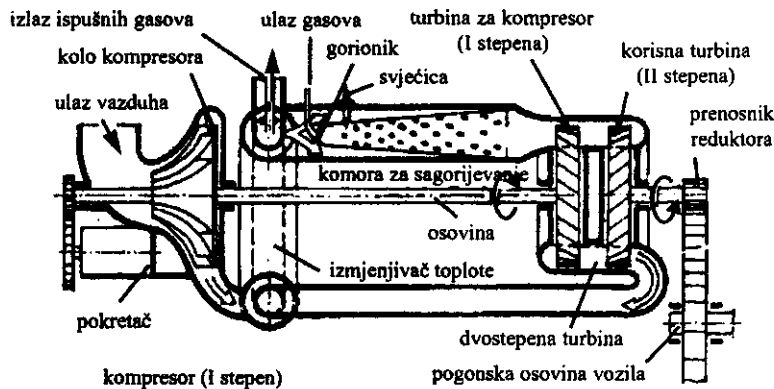
Pri izlasku iz turbine gasovi dospijevaju u atmosferu ili prolaze kroz izmjenjivač toplote, predaju novodolazećem vazduhu iz kompresora znatan dio svoje toplotne energije, pa tek onda izlaze u atmosferu. Proizvedeni rad se troši na pogon kompresora koji je na istom vratilu sa turbinom a drugi dio rada se troši za pogon van gasne turbine. Od ukupno

dobivenog rada  $\frac{2}{3}$  se troši za pogon kompresora, a  $\frac{1}{3}$  se može korisno upotrijebiti izvan gasne turbine. Zbog ovog nedostatka ovakva konstrukcija gasne turbine upotrebljava se samo za male snage.



Slika 10.1.

Za veće snage gasna turbina je građena kao na sl.10.2. Ona se sastoji od jedne turbine visokog pritiska koja je smještena na istom vratilu s kompresorom i služi samo za njegov pogon. Iz kompresora vazduh se potiskuje u komoru za sagorijevanje pod pritiskom od 10 do 20 bara i temperaturom od  $200^{\circ}\text{C}$ , zatim se u komoru za sagorijevanje ubrizgava gorivo koje se zbog visoke temperature vazduha pali. Sagorjeli gasovi odlaze prvo u turbinu visokog pritiska, a zatim u turbinu niskog pritiska, koja je postavljena na posebnom vratilu, tako da se snaga turbine niskog pritiska koristi za pogon izvan turbine. Iz turbine niskog pritiska sagorjeli gasovi izlaze ispušnim kanalom u atmosferu.



Slika 10.2.

Temperature koje se razvijaju u komori za sagorijevanje su vrlo visoke, od  $1.700$  do  $2.200^{\circ}\text{C}$ , dok materijali od kojih se prave lopatice turbine mogu da podnesu najveće temperature od  $600$  do  $800^{\circ}\text{C}$ . Zbog toga dužina komore za sagorijevanje mora biti takva da omogući širenje gasova, a time sniženje temperature, kako bi se izbjeglo pretjerano zagrijavanje lopatica turbine i njihovo izgaranje. Za sniženje temperature sagorjelih gasova koristi se tzv. sekundarni vazduh, koji narušava teorijski odnos vazduha i goriva, tako da u komorama za sagorijevanje u gasnim turbinama koje se danas primjenjuju taj odnos obično iznosi  $18:1$ , pa turbine rade sa siromašnom smješom.

Na sl.10.3. prikazana je konstrukcija komore za sagorijevanje, koja se sastoji od plamene cijevi (1) u kojoj gorivo sagorijeva i obloge (2) koja okružuje plamenu cijev, a kroz brizgaljku (3) gorivo se potiskuje u komoru pomoću pumpe visokog pritiska. Od cjelokupne

količine sabijenog vazduha oko 24% se uvodi kroz čelo komore za sagorijevanje u komoru, koji za sobom povlači raspršeno gorivo koje se pali i sagorijeva, dok preostali dio komprimiranog vazduha, oko 75% sprovodi se kroz dovodnu cijev (4) u prostor između plamene cijevi i obloge. Na plamenoj cijevi nalaze se rupe kroz koje ulazi suvišni vazduh, sekundarni vazduh, koji se miješa sa sagorjelim gasovima i tako im snizuje temperaturu.

Kod stacionarnih gasnih turbina jedno kolo se koristi za dobijanje mehaničkog rada na pogonskom vratilu, dok turbina kod mlaznih motora isključivo služi za pogon kompresora i ostalih pomoćnih uređaja na motoru.

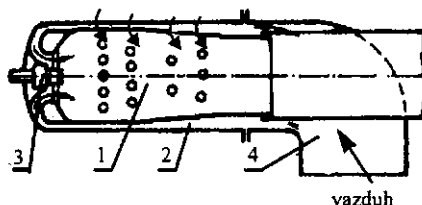
Prema načinu rada turbinskih postrojenja razlikuje se otvoreni, zatvoreni i poluzatvoreni sistemi.

U otvorenom sistemu gasne turbine (sl.10.4.) komprimira se vazduh u kompresoru, a zatim se odvodi u komoru za sagorijevanje. Gasovi od sagorijevanja odlaze u spoljnu atmosferu poslije prolaza kroz turbinu i izmjenjivač toplote.

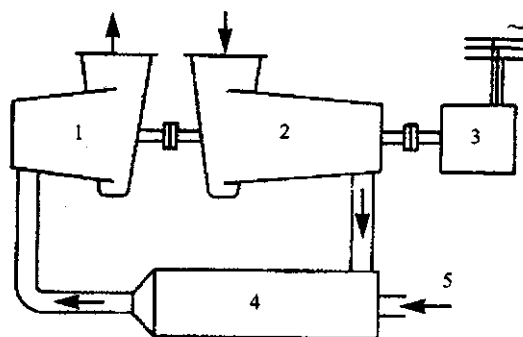
Ovaj sistem je jednostavan, jeftin i najčešće primjenjivan. Pošto gasovi nastali pri sagorijevanju u turbini preuzimaju zadatak radnog medija, to sagorijevanje goriva mora biti potpuno da se turbina i izmjenjivač toplote ne bi zaprljali. Zato se, kao gorivo, koristi petrolej ili teško dizel-ulje. Otvoren sistem gasne turbine primjenjuje se: u avionima, motornim vozilima i malim brodovima koji imaju malu težinu motora, a pogonski troškovi imaju manje važnu ulogu. Ovaj sistem je od značaja i za kratku proizvodnju električne energije.

Gasne turbine sa zatvorenim kružnim procesom (sl.10.5.) koristi vruć vazduh kao radni medij koji struji kroz kompresor, zatim zagrijač vazduha, turbinu, hladnjak i ponovo prema kompresoru. Grijač vazduha se sastoji, kao i parni kotao, od vodogrijnih cijevi u snopu, kroz koji struji "radni vazduh" kao medij, pri čemu se zagrijava. Pošto radni medij nema kontakta sa sagorjelim gasovima, to se mogu koristiti jeftinija goriva, bez opasnosti da se turbina ili izmjenjivač toplote zaprljaju. Postoji vrlo veliki broj izvedbi takvih postrojenja, koje se međusobno razlikuju prema kombinacijama izmjenjivača toplote, predgrijača medija i vazduha za sagorijevanje.

Poluzatvoren sistem gasnih turbina sastoji se iz jednog otvorenog i jednog zatvorenog sistema sa zajedničkom komorom za sagorijevanje, i zajedničkim zagrijačem vazduha. Turbinu otvorenog sistema pokreću gasovi nastali sagorijevanjem, a turbinu zatvorenog sistema vrući vazduh kao radni medij.

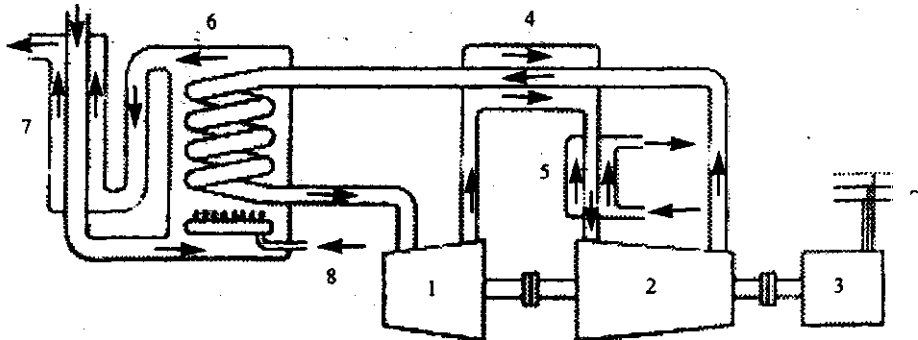


Slika 10.3.



1. plinska turbina, 2. kompresor, 3. električni generator, 4. komora izgaranja, 5. dovod goriva

Slika 10.4.



Postrojenje plinske turbine sa zatvorenim procesom. 1. plinska turbina, 2. kompresor, 3. električni generator, 4. izmjenjivač toplote medija, 5. hladnjak medija, 6. komora izgaranja, 7. predgrijač zraka, 8. dovod goriva.

Slika 10.5.

Ovakvom konstrukcijom postrojenja zagrijač vazduha može da bude manji nego kod zatvorenog sistema, a što se tiče goriva, važe isti uslovi kao za otvoren sistem.

## 10.2. PREDNOSTI I NEDOSTACI GASNIH TURBINA

### Prednosti gasnih turbina su:

- jednostavnije su u izradi od klipnog motora s unutrašnjim sagorijevanjem;
- s termodinamičkog gledišta gasne turbine mogu postići veće stepene iskorištenja nego parne turbine i motori s unutrašnjim sagorijevanjem;
- mogu da koriste razne vrste goriva;
- postrojenje je lakše i zbijenije;
- mogu se pustiti u rad brže nego parne turbine (pa je ta prednost važna naročito kod brodova koje treba brzo staviti u pokret);
- ne koriste vodu za hlađenje što omogućava jednostavniju konstrukciju, a time i jednostavnije održavanje.

### Nedostaci gasnih turbina su:

- snaga gasnih turbina kreće se od 75 do 22.000 kW, jer je turbina ispod 75 kW tako mala da je njena gradnja vrlo složena i teška, da bi se dobio dobar stepen iskorištenja;
- za izradu pojedinih elemenata turbine potrebni su specijalni materijali (nikl, krom - molibden čelik) koji su skupi i teško obradivi, pa je proizvodnja tih turbina skupa;
- osjetljive su na pad snage pri različitim temperaturama u atmosferi;
- ako u postrojenju gasnih turbina nema izmjenjivača toplote, takve turbine nemaju dobar stepen iskorištenja, pa za 1 kWh troše više goriva nego dizel-motori i
- turbine ne rade s dobrim stepenom korisnog dještva pri djelimičnom opterećenju.

## 10.3. PRIMJENA GASNIH TURBINA

Ove turbine nalaze sve širu primjenu i potiskuju starija postrojenja parnih turbina zahvaljujući svojim prednostima i to: zbijenijoj i lakšoj konstrukciji, većoj elastičnosti u radu, većoj spremnosti i brzini za puštanje u rad. U odnosu na klipne motore, turbine ih nisu

dostigle u pogledu specifične snage, ali imaju mirniji rad, pa nema problema oko uravnoteženja inercijalnih sila. Zbog svih ovih osobina gasne turbine su našle najveću primjenu kao stabilno postrojenje, ali se njihova primjena širi i na pogon brodova, lokomotiva, pa čak i automobila. Primjena u automobilizmu je u početnoj fazi, jer još nisu sasvim uspješno riješeni svi problemi koji iskrsavaju na vozilima. U praksi se ipak nalazi izvjestan broj tipova automobila, mahom trkaćih, koji primjenjuju gasne turbine za pogon, a postignuti rezultati su već dovoljni za proširenje njene primjene.