

# SINHRONE MAŠINE



- Sinhronne mašine imaju istu (sinhronu) brzinu obrtanja rotora i obrtnog magnetnog polja statora
- Mogu raditi i kao generatori i kao motori
- U oba režima rada mogu proizvoditi reaktivnu energiju i predavati je mreži
- Najčešće se koriste kao trofazni generatori za proizvodnju električne energije
- **Sinhroni generatori** se prema vrsti pogonskih mašina dele na:
  - turbogeneratore - pogon sa parnim ili gasnim turbinama
  - hidrogeneratore - pogon sa vodenim turbinama
  - dizel generatore - pogon sa dizel motorima

## SINHRONI GENERATORI

- Turbogeneratori se koriste u termoelektranama i nuklearnim elektranama i grade se do snaga 2000 MVA i napona do 27 kV
- Hidrogeneratori se primenjuju u hidroelektranama i grade za snage do 800 MVA i napona 110 kV
- Snaga dizel generatora zavisi od snage pogonskog dizel motora i može biti do nekoliko desetina MVA

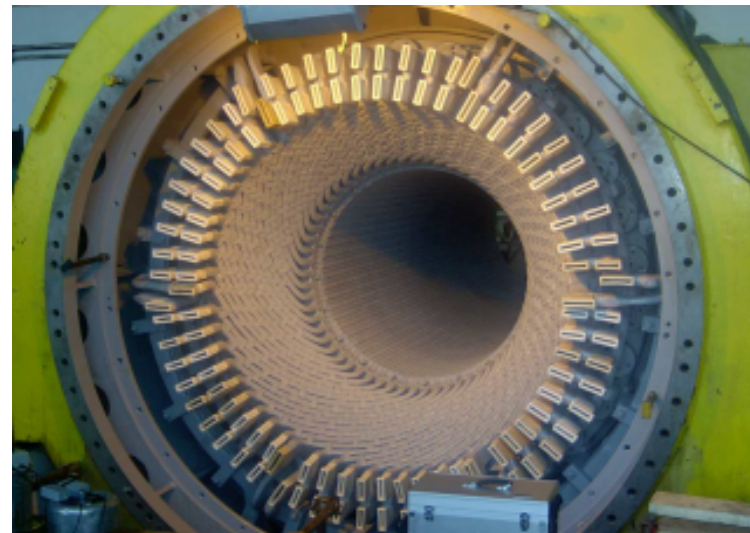


Sinhroni generator snage 15 MVA

- Sinhroni generator može se koristiti samo za proizvodnju reaktivne električne snage - tada se naziva **sinhroni kompenzator**

## Konstrukcija sinhronih mašina

- ❖ Stator sinhronne mašine identičan je po konstrukciji statoru asinhronne mašine
- ❖ Magnetno kolo statora sastoji se od tankih i međusobno izolovanih limova
- ❖ Namotaj je smešten u žlebovima statora



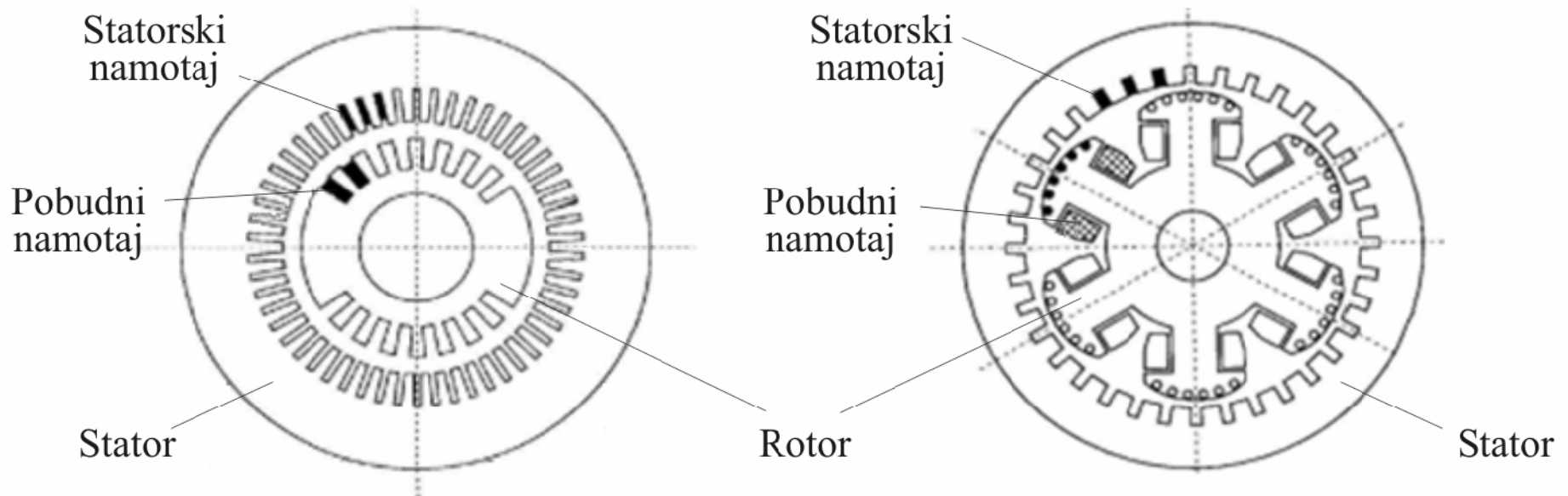
Izgled statora sinhronne mašine

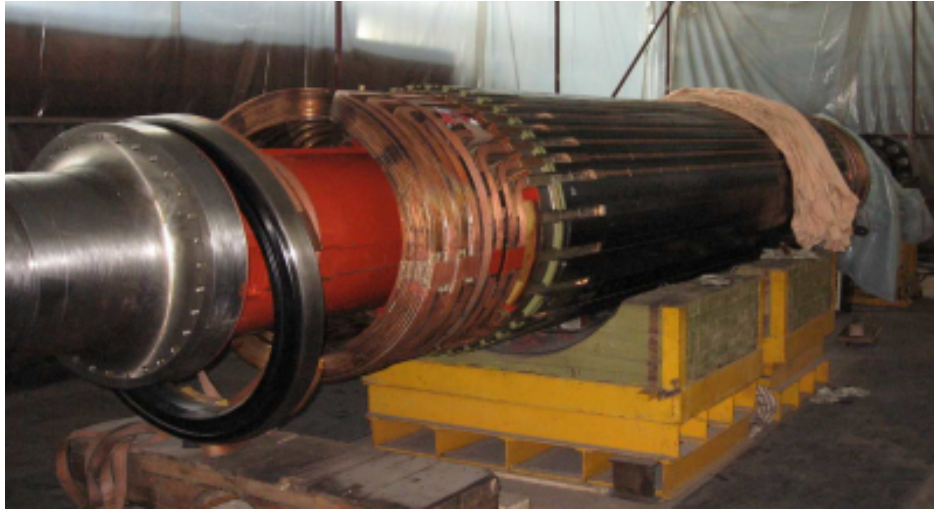
- ❖ Namotaj statora je trofazni, a kroz namotaj rotora propušta se jednosmerna struja

- ❖ Namotaj rotora je pobudni namotaj
- ❖ Njegovo napajanje se ostvaruje pomoću dva klizna prstena na vratilu i četkica pričvršćenih na statoru
- ❖ Rotor može biti:

cilindrični rotor  
- sa neistaknutim polovima -

- sa istaknutim polovima -





### Cilindrični rotor

- ožlebljen rotor, najčešće je od masivnog gvožđa
- namotaji su sastavljeni iz sekcija i smešteni u žlebovima



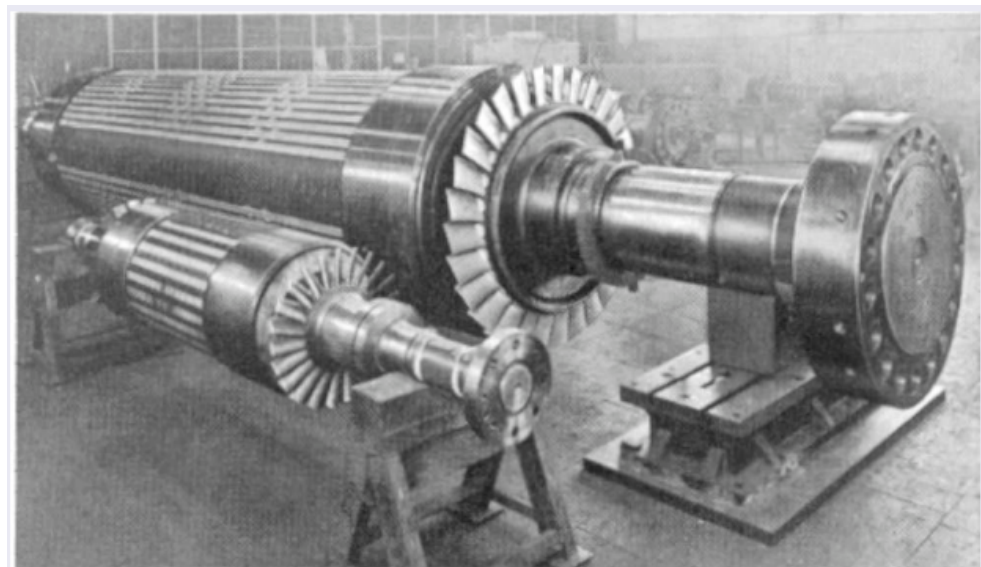
### Rotor sa istaknutim polovima

- jezgro je od punog gvožđa i ima isturene polove
- namotaji su postavljeni oko jezgra svakog pola

- Konstrukcija rotora zavisi od vrste pogonske mašine koja obezbeđuje spoljnu mehaničku snagu

**Turbogeneratori** (za pogon se koriste parne turbine) - velike periferne brzine rotora (3000 i 1500 ob/min) i velike obrtne mase

- rotor je cilindričan, velike aksijalne dužine i malog prečnika, sa što ravnomernijim rasporedom namotaja po obimu
- turbogeneratori se uvek postavljaju horizontalno



Cilindrični rotor turbogeneratora



**Hidrogeneratori** (pogon vodenim turbinama) - brzine rotora od 50 - 1000 ob/min) i velike obrtne mase

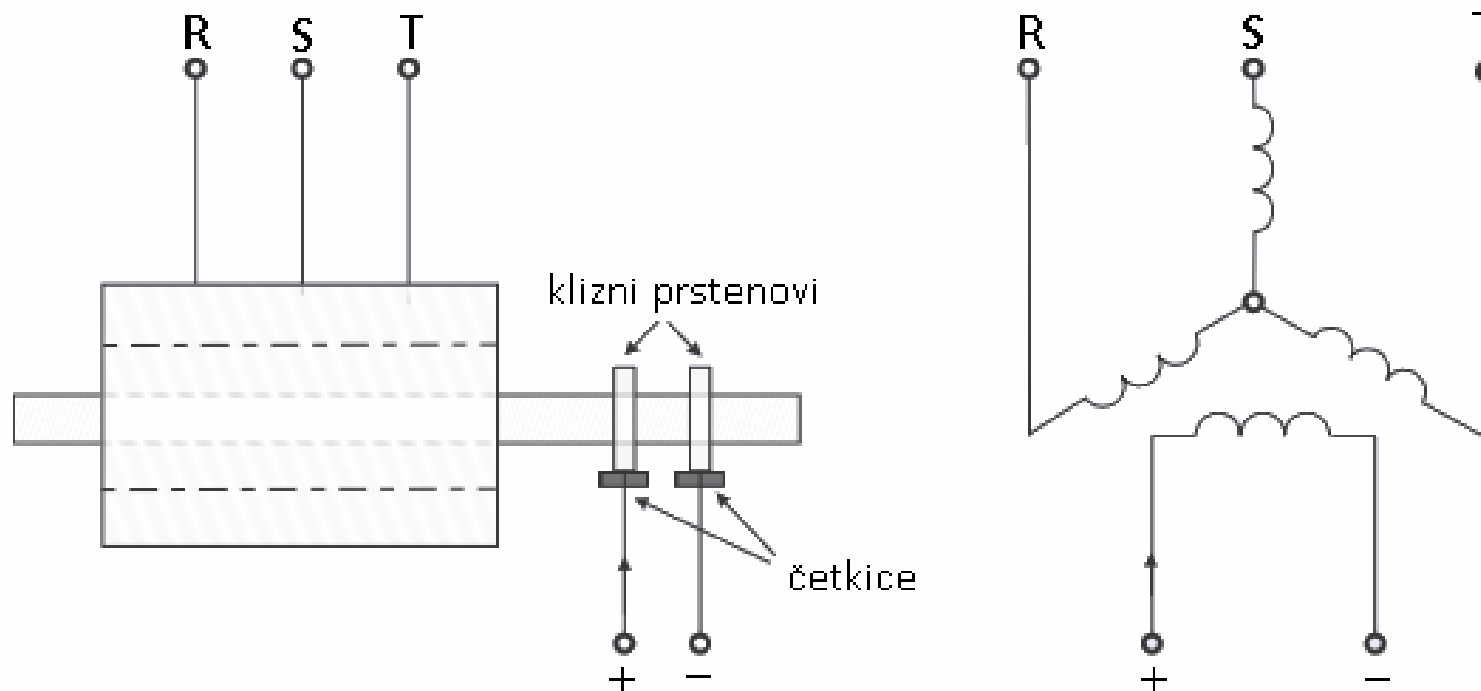
- rotor je sa istaknutim polovima, manje aksijalne dužine i većeg prečnika



Rotor hidrogeneratorsa sa istaknutim polovima



- Šema veze trofaznog dvopolne sinhronne mašine



- Broj magnetnih polova na rotoru je dva, kao i magnetnih polova obrtnog magnetnog polja

## SINHRONI MOTORI

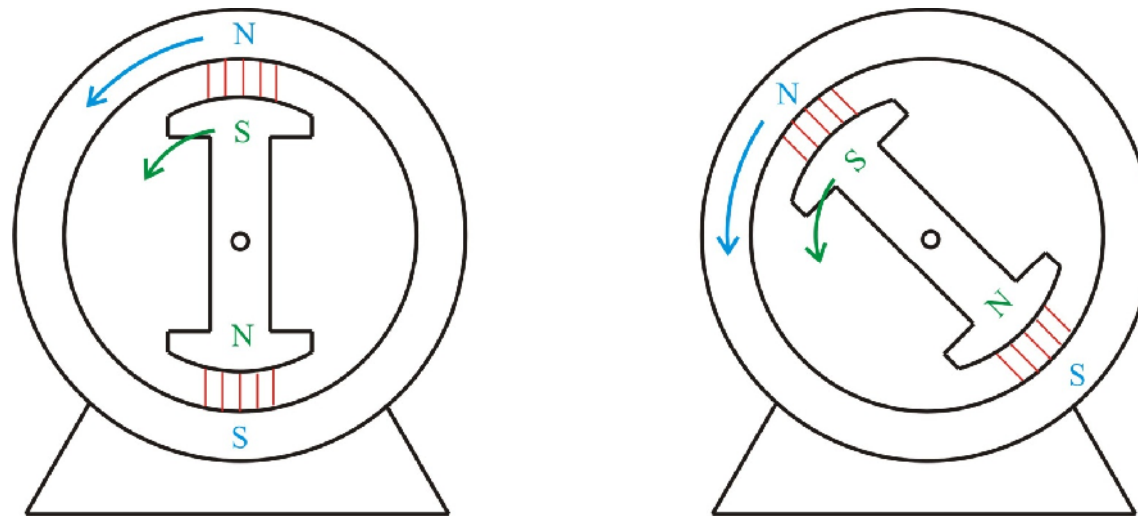
- U motornom režimu rada stator sinhronne mašine priključen je na trofaznu električnu mrežu
- Struje u statoru proizvode obrtno magnetno polje koje se vrti brzinom:

$$n_s = \frac{60f_1}{p}$$

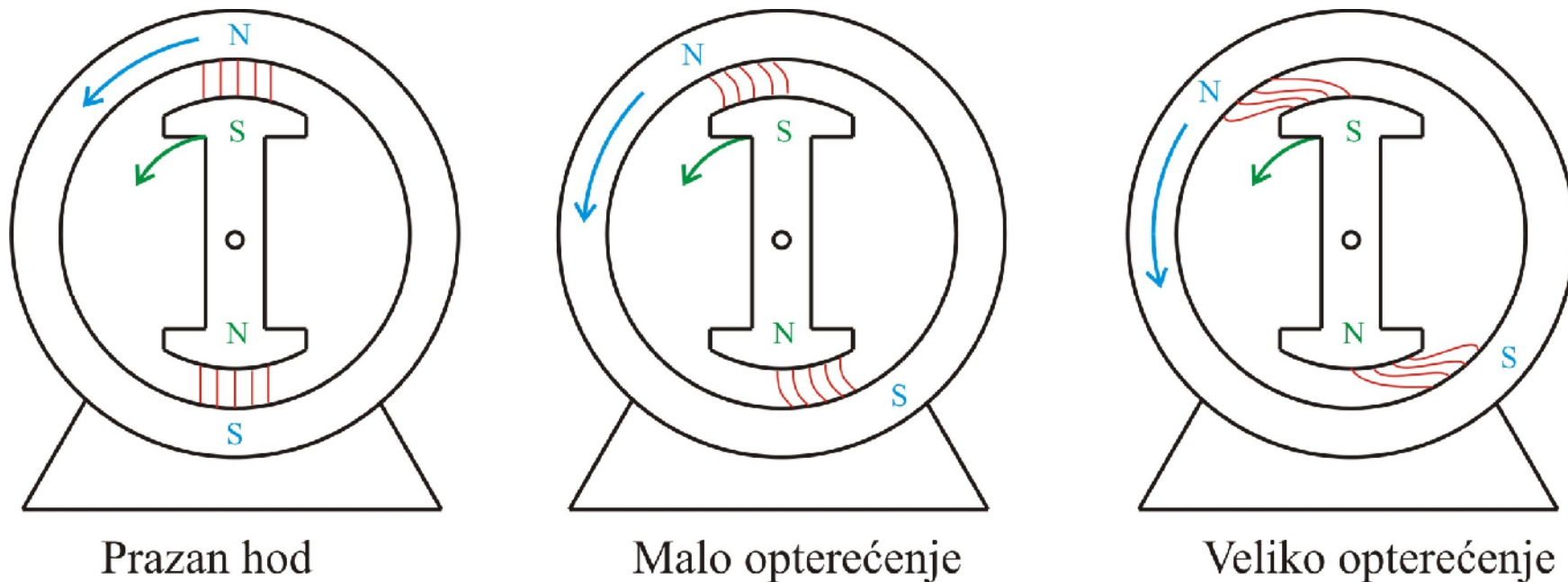
- Ako se rotorski namotaj priključi na jednosmerni napon, jednosmerna struja će stvoriti magnetno polje konstantnog fluksa
- Rotor ima veliku masu i inerciju, a obrtno polje rotira velikom brzinom, pa magnetni polovi polja statora i rotora ne mogu da se "zakače"

- Kada magnetni pol N obrtnog polja statora pređe preko S pola magnetnog polja rotora, S pol rotora teži da prati N pol statora, dolazi do kretanja rotora  $\Rightarrow$  polovi rotora „zakačili“ su se ili „zalepili“ za stator

- **Sinhroni motor okreće se konstantnom brzinom**



- Brzina obrtanja sinhronog motora ne zavisi od opterećenja radne mašine koju motor pokreće
- Važno je samo da moment radne mašine nije toliko veliki da motor ispadne iz sinhronizma (dešava se kada snaga magnetne veze između statora i rotora nije dovoljna da magnetno polje rotora prati obrtno magnetno polje statora)

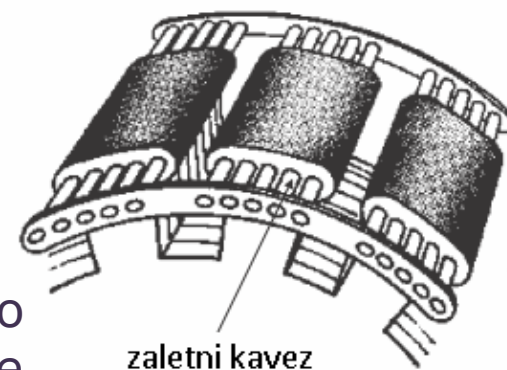


- Potrebno je rotor dovesti na brzinu obrtanja koja je približno jednaka brzini obrtnog polja statora
- Ako se to učini, magnetni polovi će se "zalepiti" i rotor će nastaviti da se obrće sa jakim obrtnim momentom i na njegovu osovinu moći će da se priključi radna mašina
- Rotor sinhronog motora može se dovesti na sinhronu brzinu obrtanja na tri načina:
  - priključenjem na njegovo vratilo drugog pomoćnog motora
  - asinhronim pokretanjem, ako se u rotor ugradi dodatni (zaletni) kavez
  - korišćenjem pretvarača frekvencije postavljenog između mreže i motora

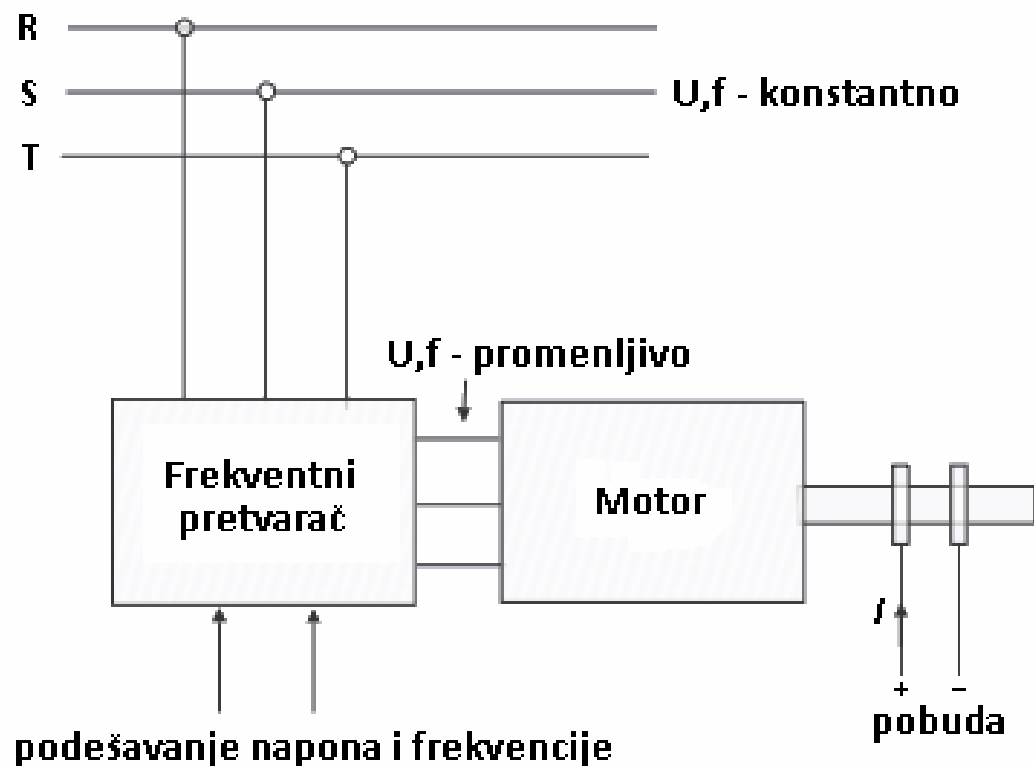
➤ **Pokretanje pomoćnim motorom** skupo je i nije praktično, jer zahteva mehaničko spajanje

➤ **Asinhrono pokretanje:** u rotor sinhronog motora ugrađuje se dodatni (zaletni) kavez

- Pomoću zaletnog kaveza motor se pokreće kao asinhroni i dostiže brzinu koja se malo razlikuje od brzine obrtanja obrtnog polja statora
- Namotaj rotora se zatim priključuje na izvor jednosmerne struje
- Pošto je razlika brzina obrtanja vrlo mala, u motoru se javlja tzv. "uskočni" moment, koji rotor dovodi na sinhronu brzinu obrtanja
- U normalnom radu kavez ne smeta, jer se u njegovim štapovima ništa ne indukuje (brzina rotora jednaka je brzini polja)
- Pored pokretanja, kavez na rotoru prigušuje oscilacije struje i amortizuje mehaničke udare na vratilu za vreme prelaznih pojava



- **Pokretanje frekventnim pretvaračem** vrši se tako što se, pri uključenoj pobudi rotora, frekvencija na frekventnom pretvaraču podesi na malu vrednost, čime se ostvaruje mala brzina obrtnog polja statora



Postepenim povećavanjem frekvencije na izlazu frekventnog pretvarača povećava se brzina obrtanja rotora motora, sve do dostizanja nominalne sinhronne brzine obrtanja :

$$n_s = \frac{60 f_1}{p}$$



➤ Sinhroni motor može se upotrebiti za pokretanje kompresora, ventilatora, itd.

➤ Prednosti:

- dobar faktor snage
- visok stepen korisnog dejstva
- izdržava znatna preopterećenja
- neosteljiv je na varijacije napona

➤ Nedostaci:

- pokreće se specijalnim kratkopojenim namotajem na rotoru ili malim asinhronim motorom
- puštanje u rad zahteva sinhronizaciju
- pri velikim preopterećenjima može ispasti iz sinhronizma i stati
- za pobudni namotaj potrebna je jednosmerna struja
- broj obrtaja ne može se menjati



Tipičan izgled sinhronog motora velike snage (više stotina kW):



## Sinhroni motori malih snaga:



- Koriste se tamo gde je neophodno precizno i kvalitetno upravljanje
- Izuzetno su važni za primenu u robotici, alatnim mašinama i servopogonima