

# SINHRONE MAŠINE

## III/1 DEO

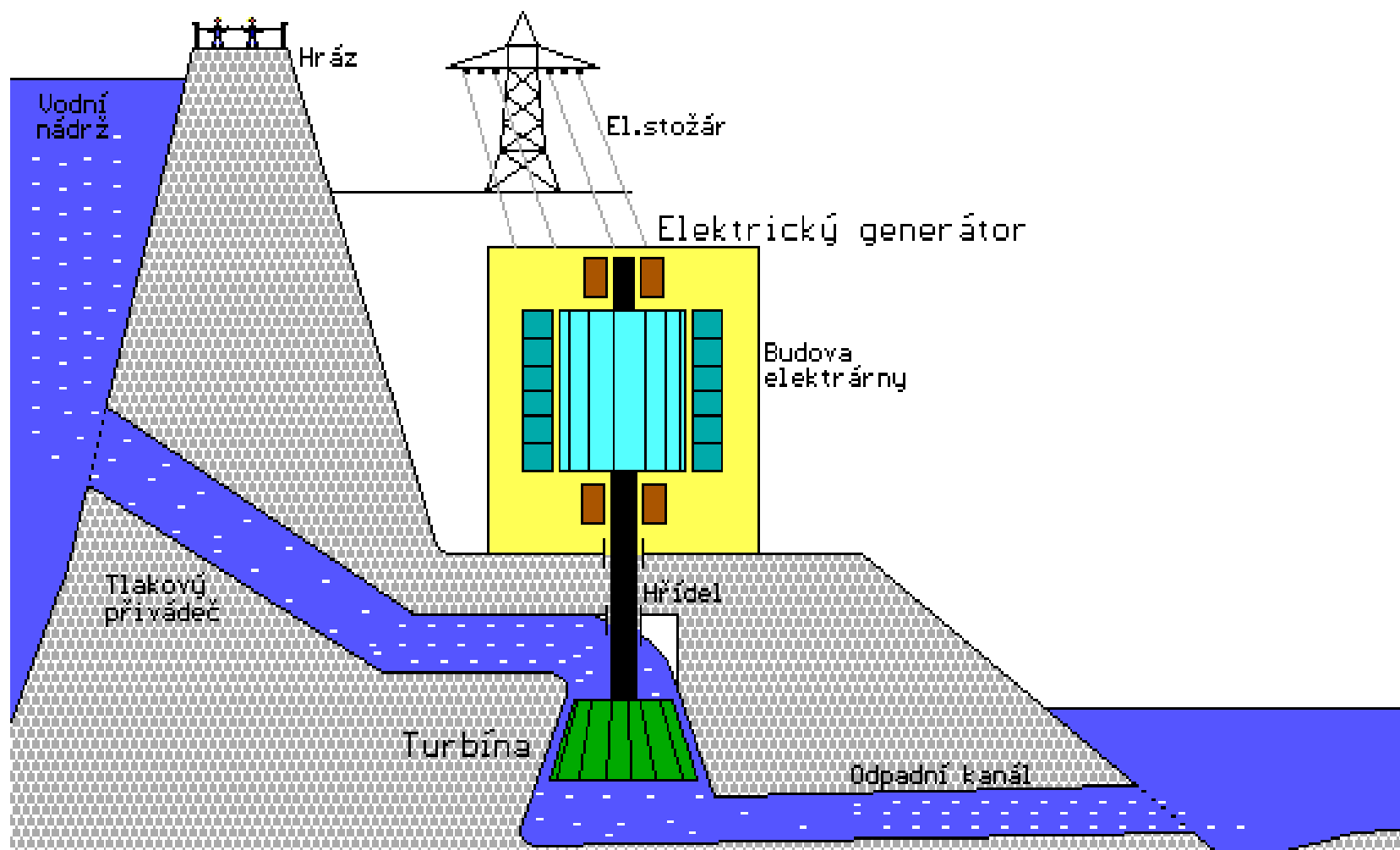


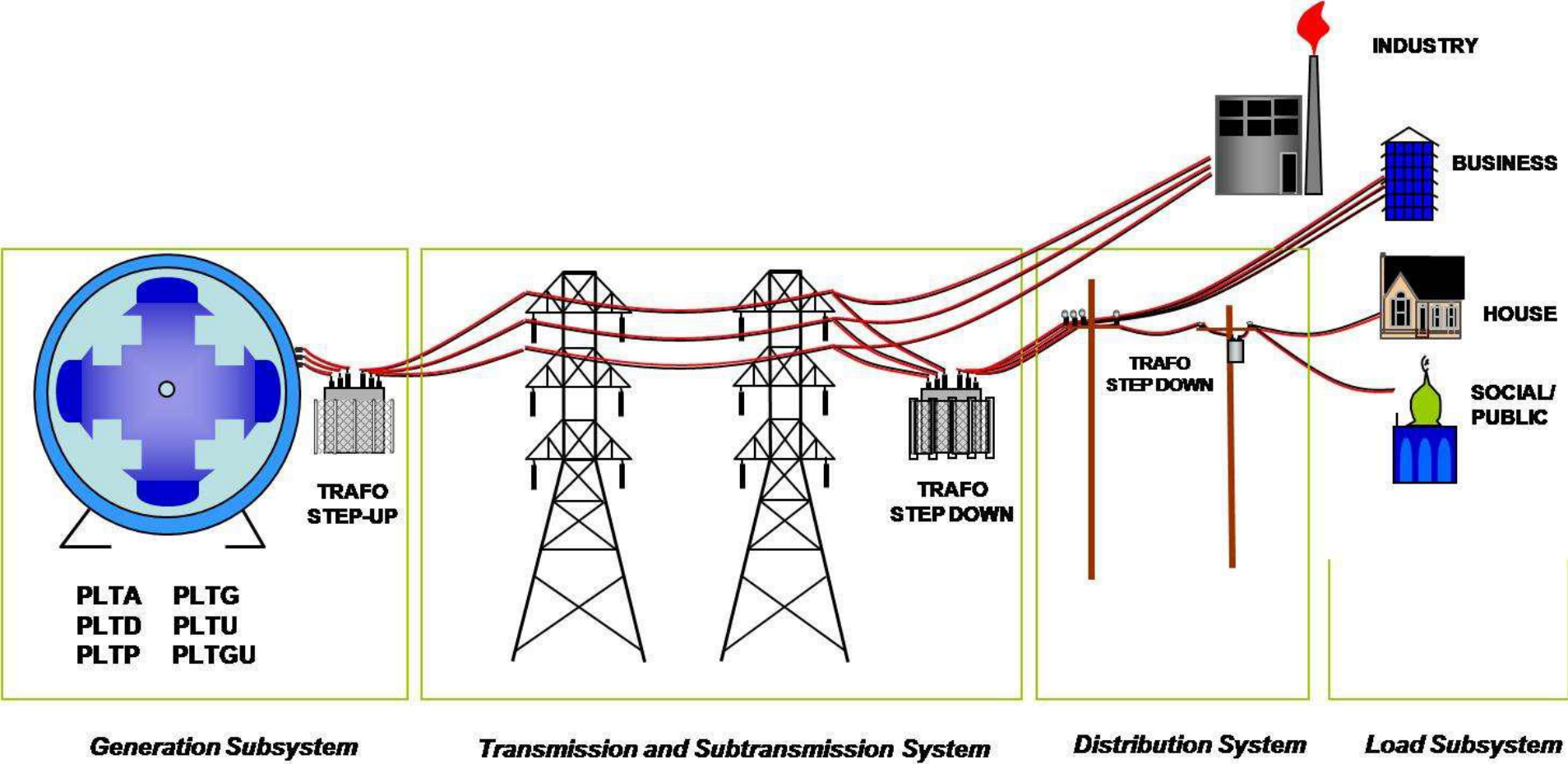
Sinhrona mašina je vrsta električnih mašina za naizmeničnu struju. Sinhronne mašine su reverzibilne mašine.

Sinhronne mašine se uglavnom koriste kao generatori u elektranama, pošto se kao motori danas koriste jeftinije i prostije asinhronne mašine.



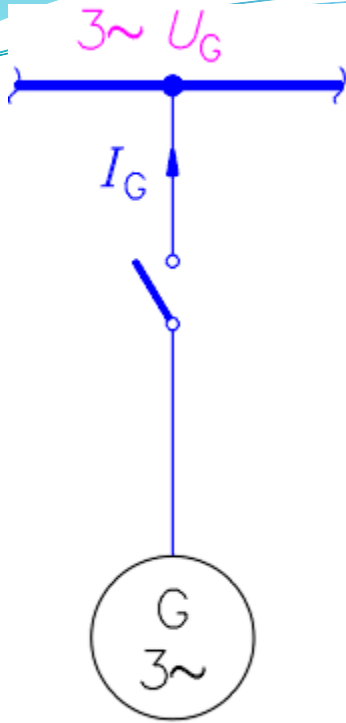
Mašina / namotaj	<i>Induktor</i> (smeštaj, oblik struje)	<i>Indukt</i> (smeštaj, oblik struje)
<i>asinhrona</i>	sator, naizmenični	rotor, naizmenični
<i>sinhrona</i>	rotor, jednosmerni	sator, naizmenični



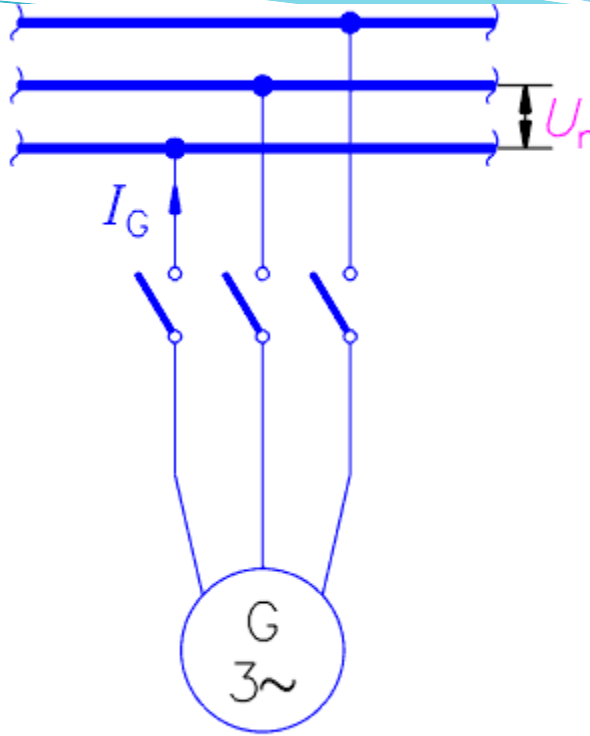


U svakoj elektrani nalazi se po nekoliko sinhronih generatora velikih snaga spojenih na iste sabirnice.





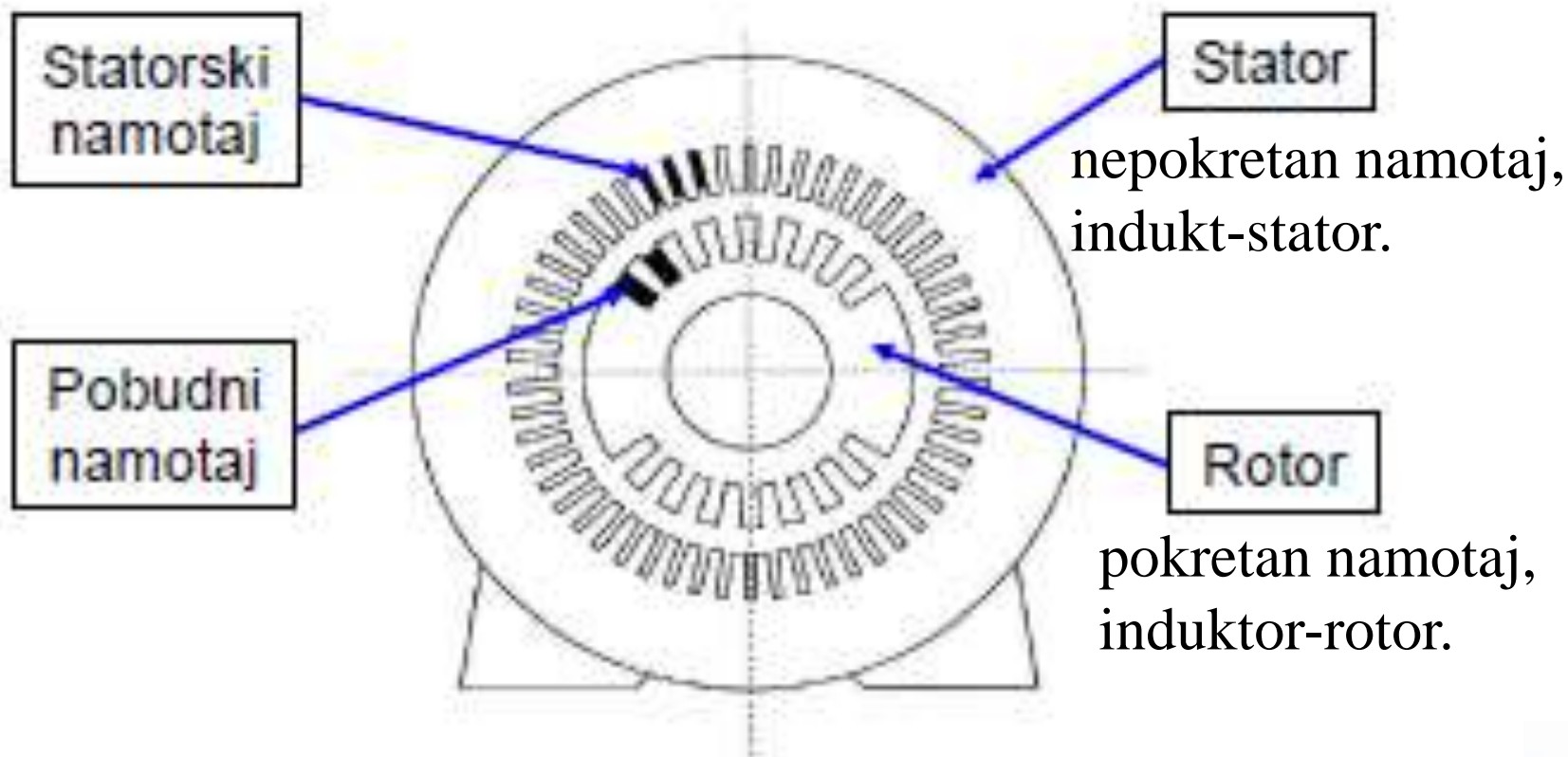
**jednopolni prikaz**



**tropolni prikaz**



# 1. OSNOVNI ELEMENTI KONSTRUKCIJE SINHRONE MAŠINE

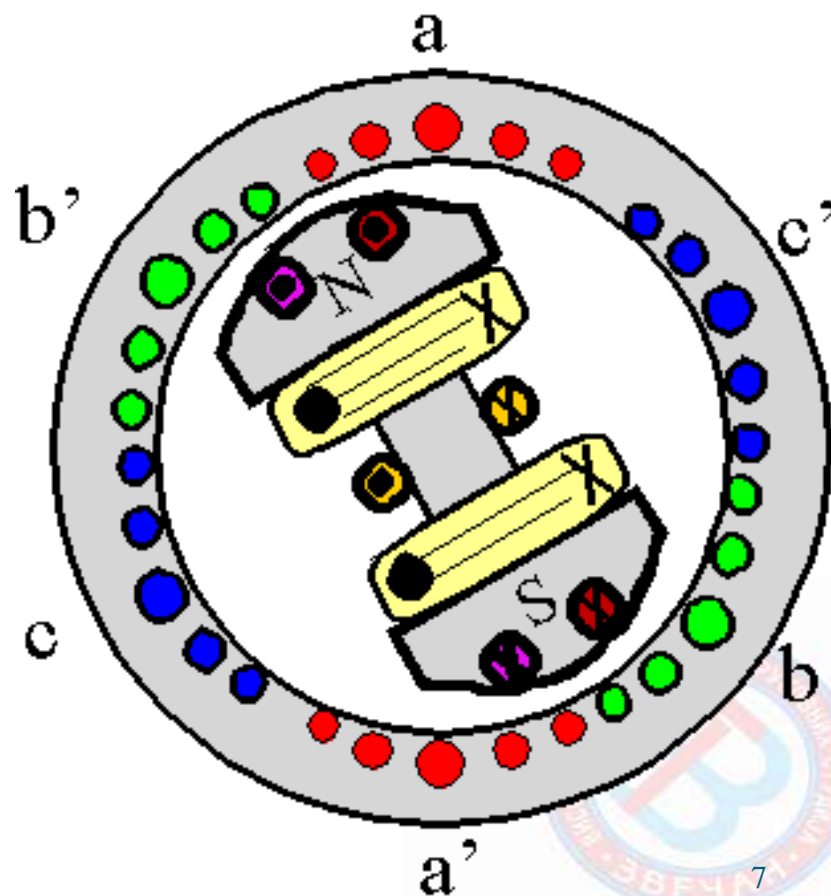


Poprečni presek mašine sa cilindričnim rotorom



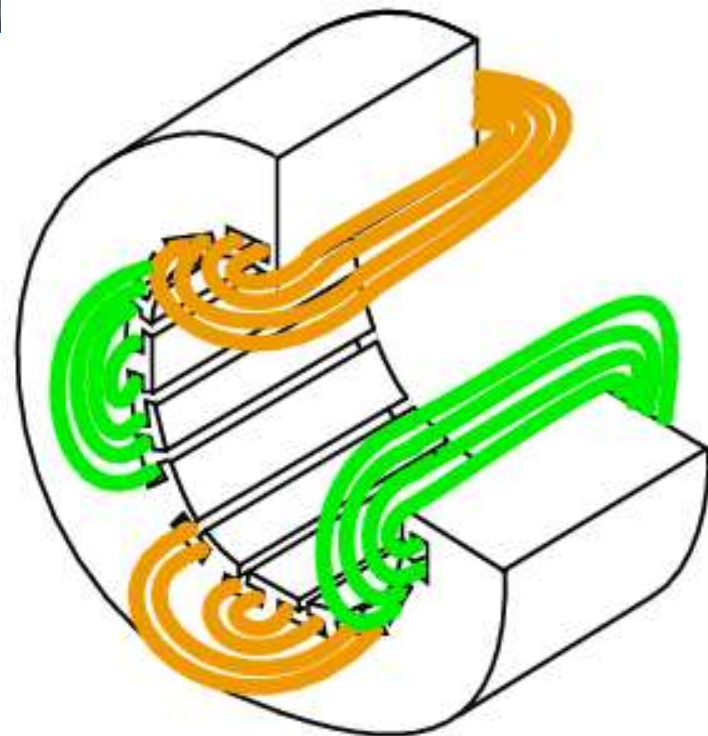
# 1. OSNOVNI ELEMENTI KONSTRUKCIJE SINHRONE MAŠINE

Magnetno kolo sinhronih generatora sastoji se iz dva osnovna dela, nepokretnog statora (indukt) i obrtnog rotora (induktor).



**Stator** se sastoji od:

- kućišta,
- jezgra i
- namotaja.





**Kućište** statora je od livenog gvožđa ili je složeno od zavarenih čeličnih delova što zavisi od dimenzija mašine.

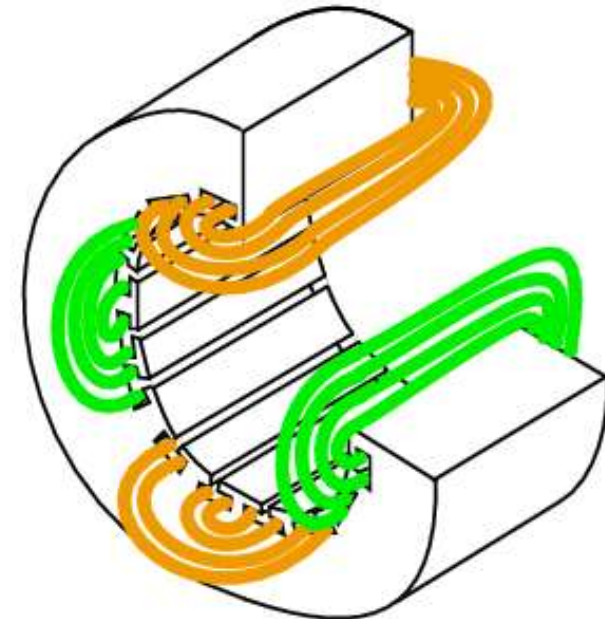
**Jezgra** statora sastavljena je od dinamo limova debljine od 0,5 mm do 1 mm

RADE KONČAR			
3~	gen	Br.	41
		Tip	S 205/46-10
Y		6300 ± 5 % V	202 A
		2200 kVA	cos φ 0.7
		600 r/min	50 Hz
STR.	uzbuda	90 V	170 A

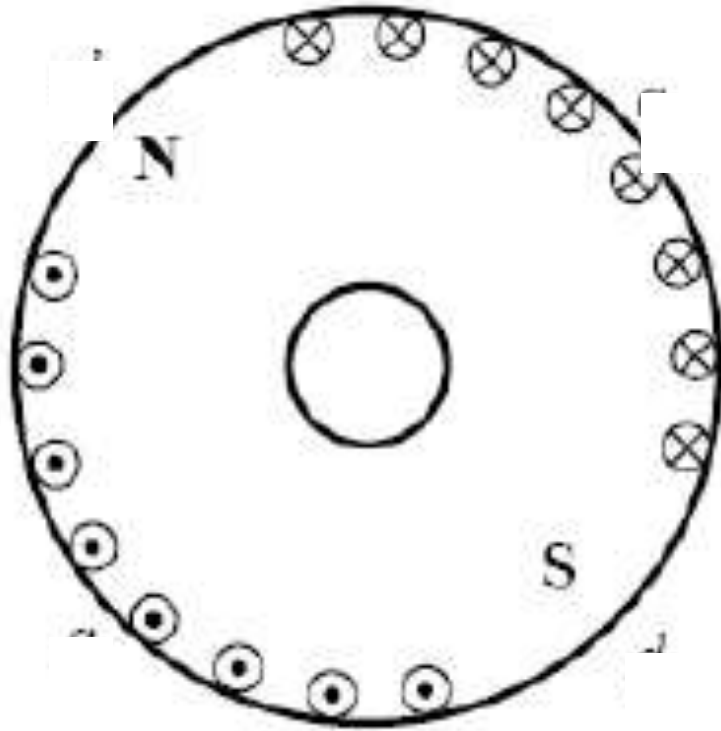
RADE KONČAR			
3~	gen	br.	PRT
		Tip	SC265-8
III		400 V	10 A
		7 kVA	cos φ 0.8
		1000 r/min	50 Hz
	samouzbuđa	30 V	13.8 A

Limovi su međusobno izolovani tankim papirom ili slojem laka.

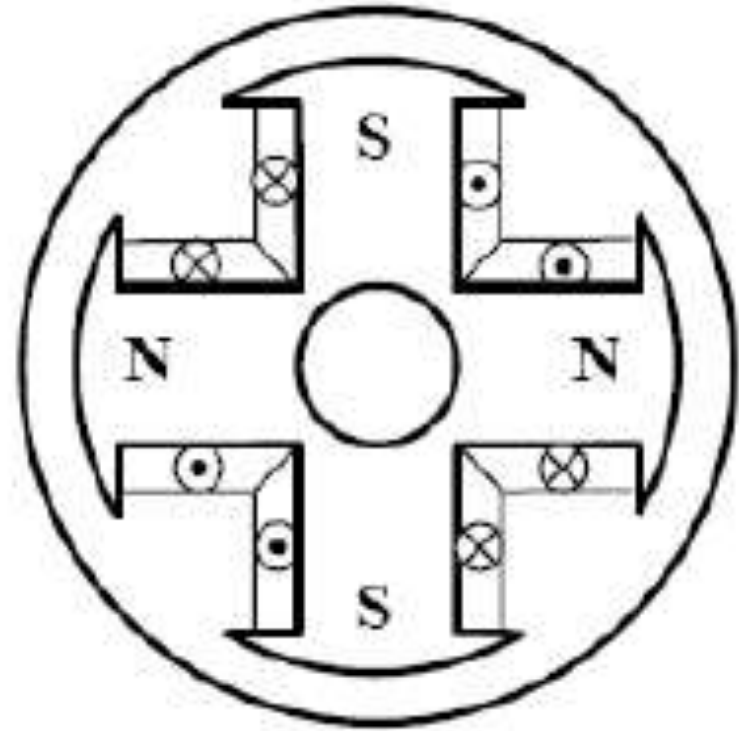
U žljebove jezgra statora, smešteni su **namotaji**.



# **Rotor** je pobudni deo sinhronne mašine



a) cilindrični rotor



Rotor sinhronne mašine

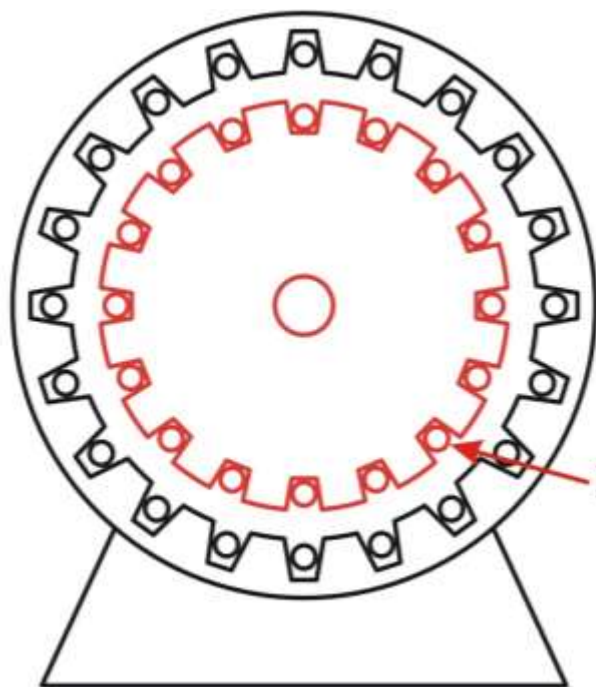
b) rotor sa istaknutim (izraženim) polovima

Na rotoru se postavljaju pobudni namotaji kroz koje teče jednosmerna struja.

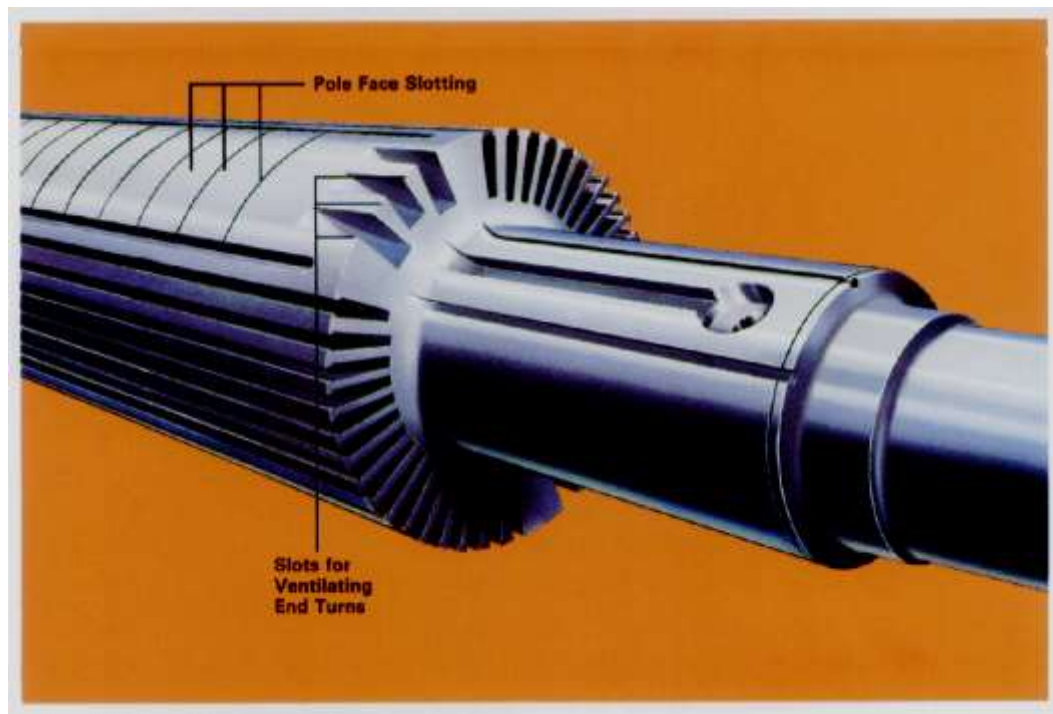


U zavisnosti od konstrukcije rotora sinhrona generatore delimo na generatore:

## 1. sa punim (cilindričnim) rotorom – turbogeneratori



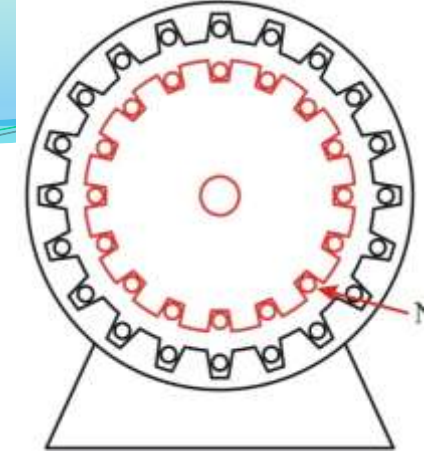
Namotaj rotora





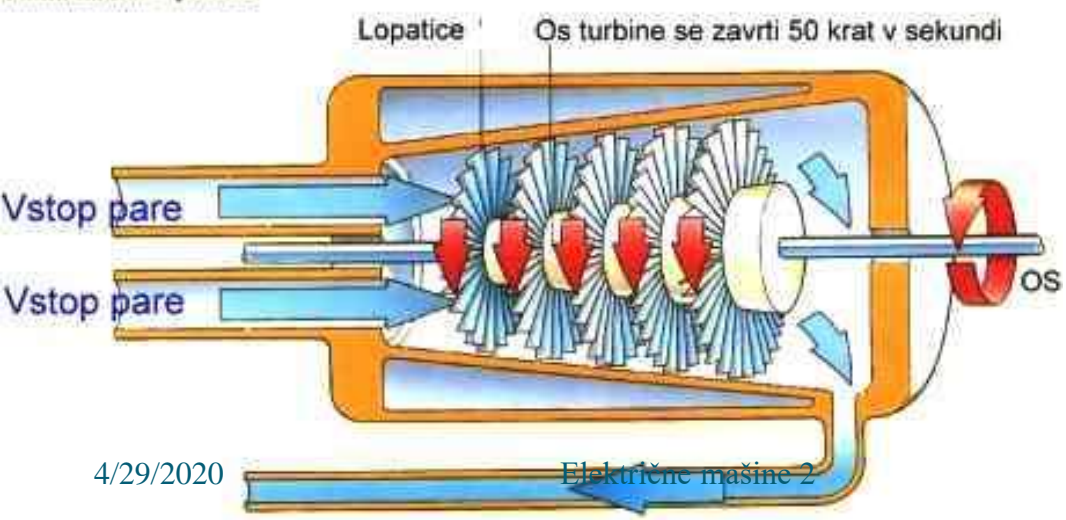
**Turbogeneratori** grade se za velike brzine:

3000 ob/min ili 1500 ob/min

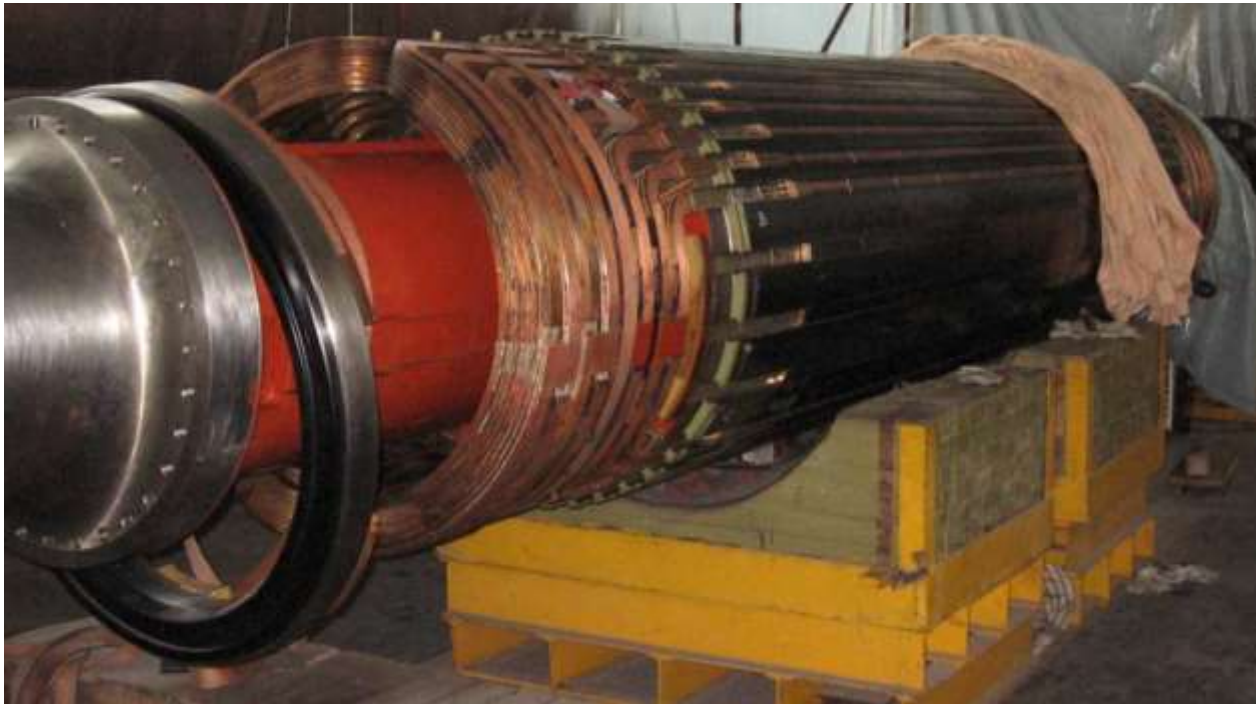


Za ovako velike brzine kao pogonske mašine služe parne turbine.

Parna turbina v prerezu



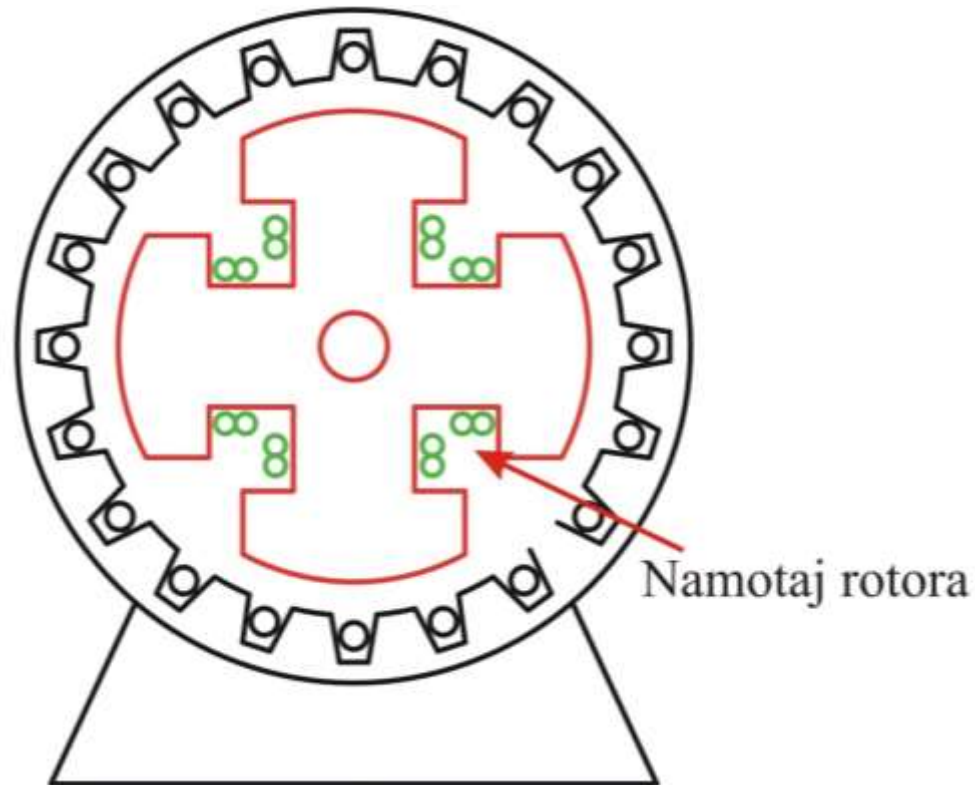
Pobudni namot kod punog rotora smešta se u žljebove urezane po spoljnjem obimu rotora.



Ovakav rotor izrađuje se od najkvalitetnijeg masivnog čelika i postavlja se horizontalno.



## 2. sa istaknutim polovima – hidrogenatori

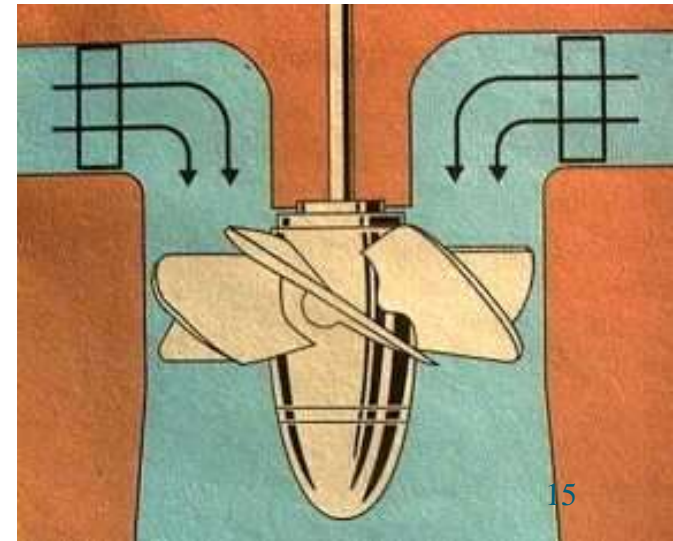


Sinhroni generatori sa istaknutim polovima (**hidrogeneratori**) grade se i sa horizontalnim i sa vertikalnim vratilom.

Mašine sa vertikalnim vratilom su sporohodne sa velikim brojem polova i obično velikog prečnika.

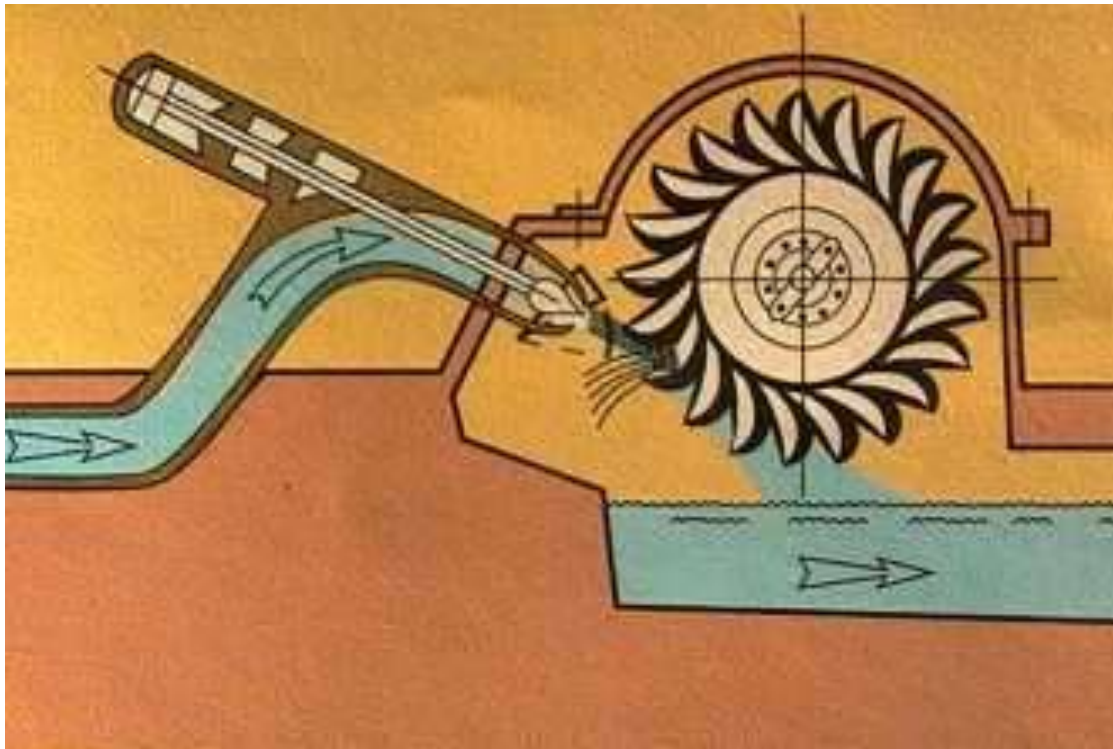


Ove mašine koriste se na niskim vodenim padovima sa velikim protokom vode i pokreću ih sporohodne (Kaplanove) turbine

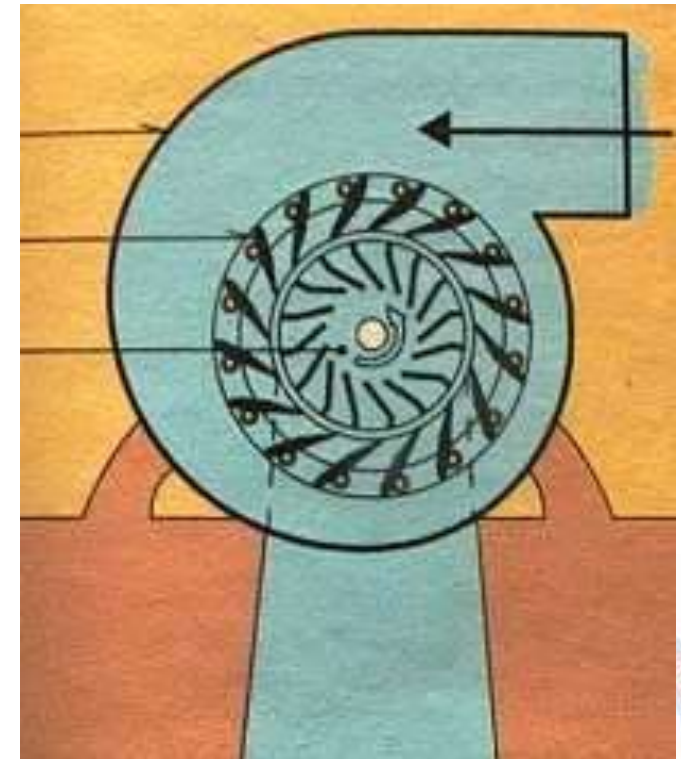


Mašine sa horizontalnim vratilom se koriste za visok vodeni pad a pokreću ih brzohodne ( Peltonove ili Frensisove ) turbine.

Peltonova turbina:



Frensisova turbina:

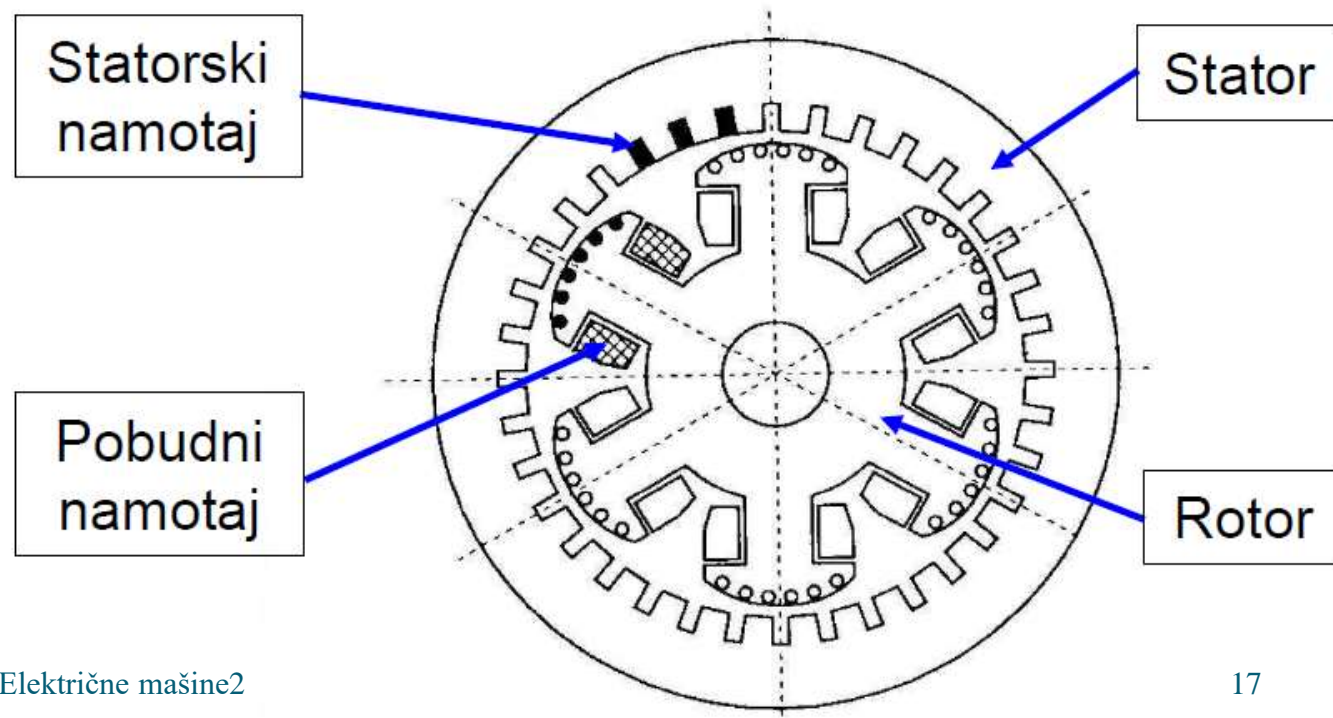




Generatori sa istaknutim polovima su predvidjeni da im pogonski motor bude motor sa unutrašnjim sagorevanjem ili vodena turbina čija je brzine obrtanja manje od 1000 ob/min

Njihov rotor sastoji se od osovine, magnetnog jarma i magnetnih polova

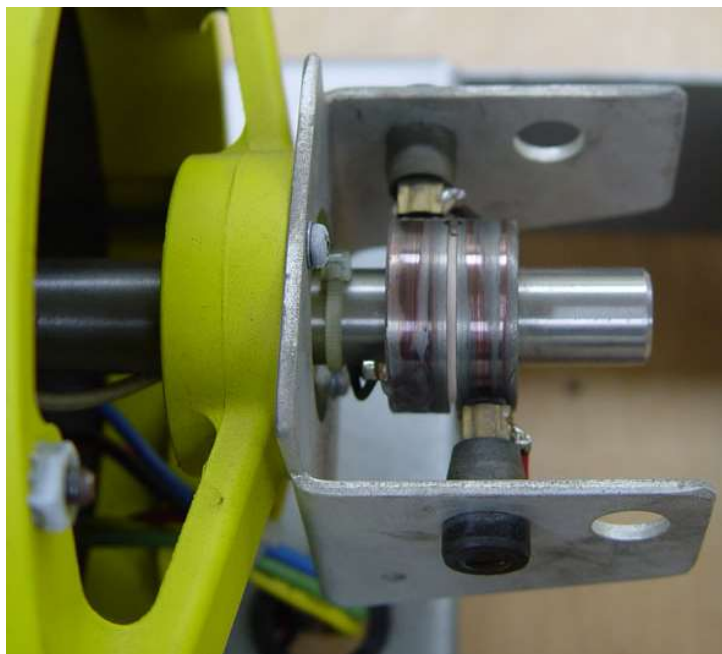
Na jezgro magnetnih polova smeštaju se pobudni navoji



Krajevi pobudnog navoja izvode se na dva klizna prstena postavljena na osovinu.



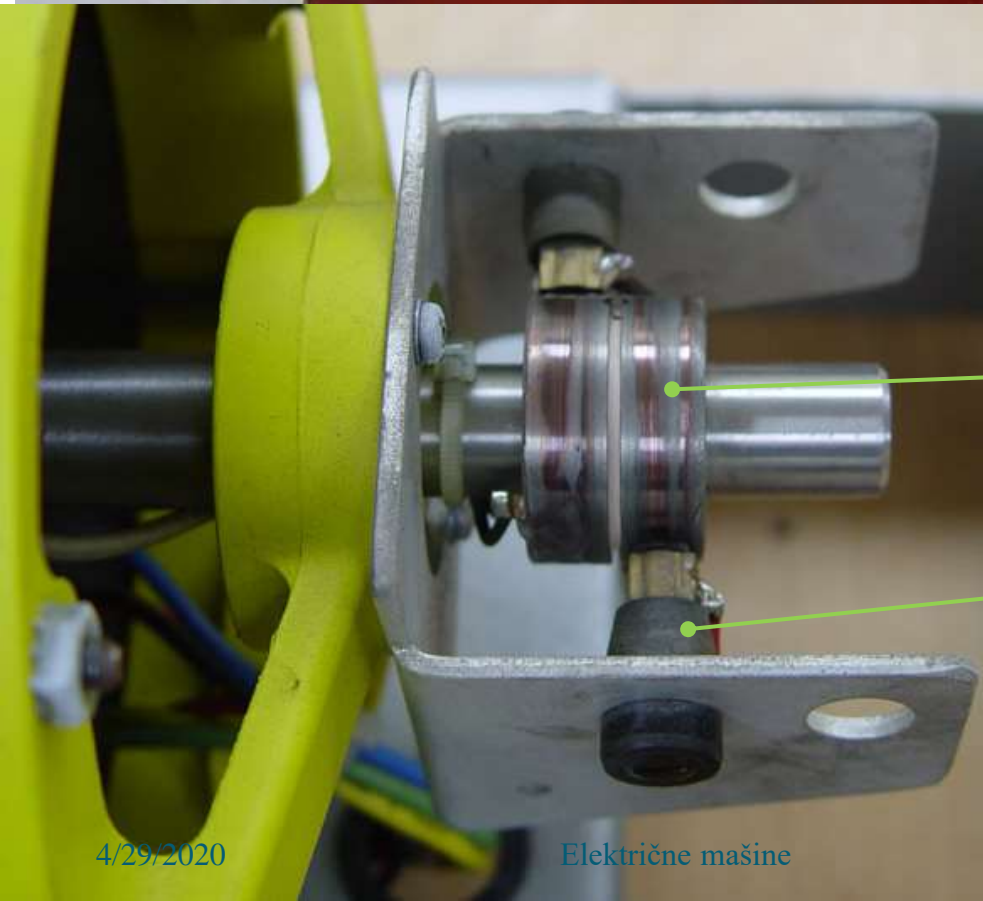
Na klizne prstenove naležu ugljene dirke preko kojih se dovodi jednosmerna pobudna struja u rotor.



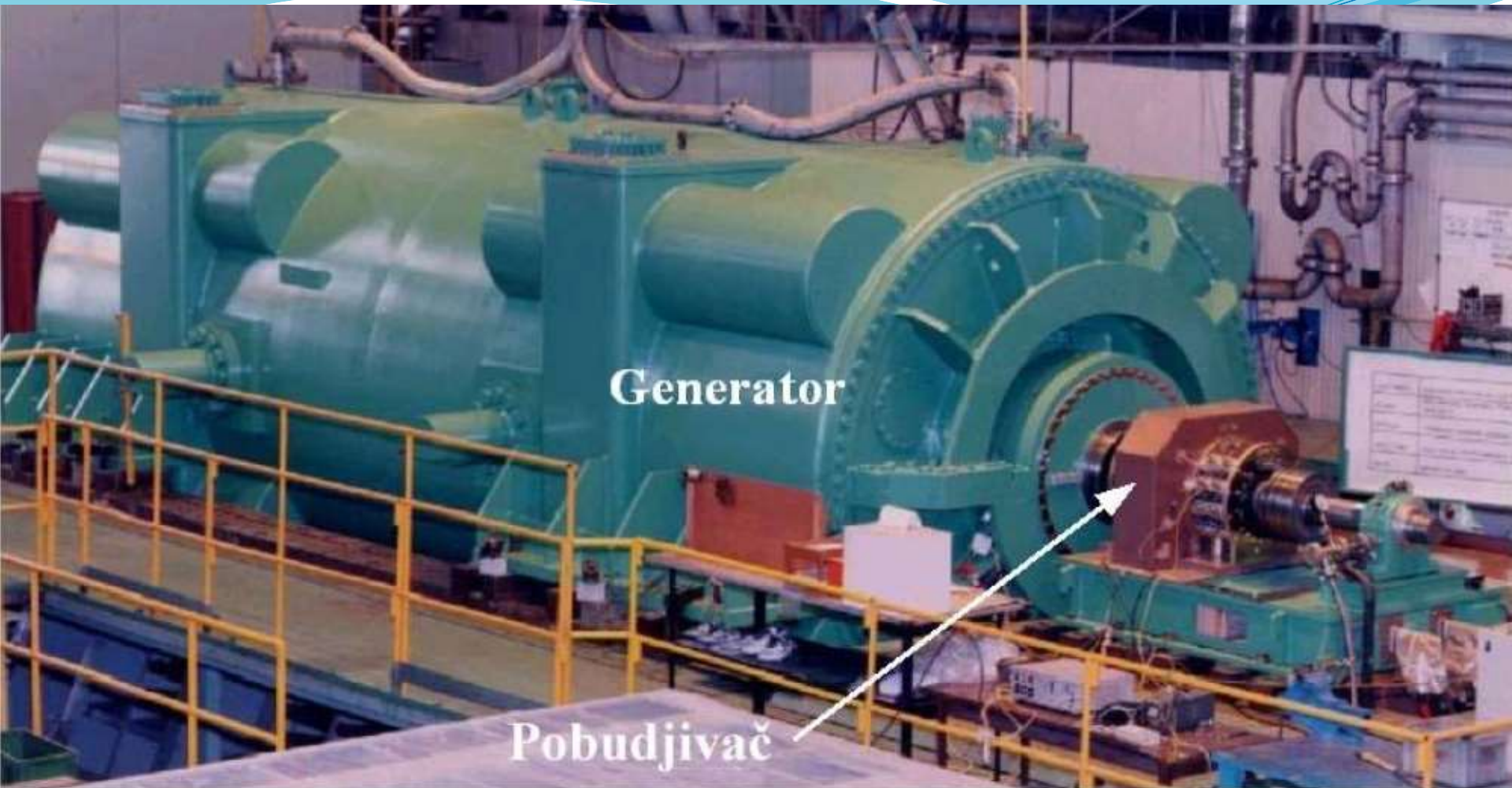




Klizni  
prstenovi



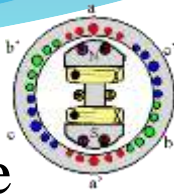
četkice



Generator

Pobudjivač

## 2. PRINCIP RADA SINHRONOG GENERATORA

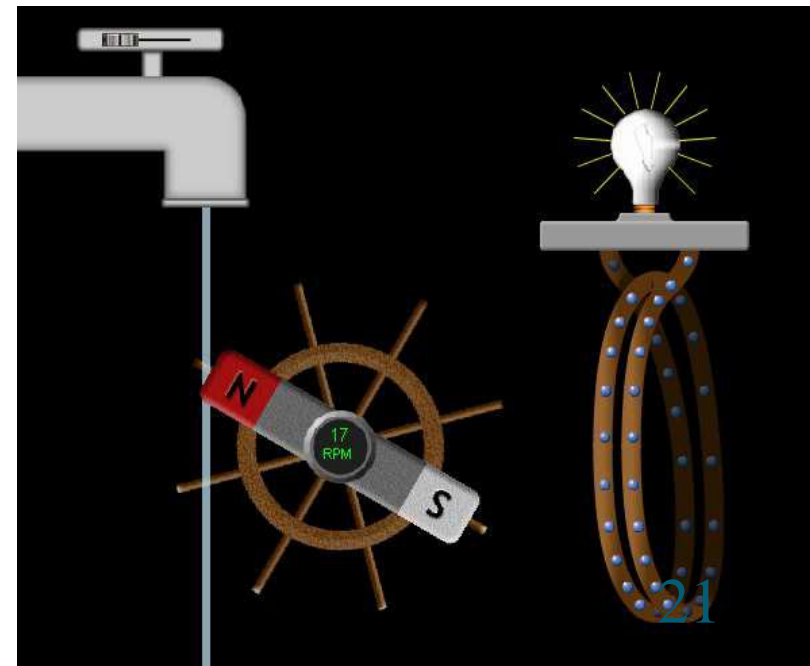


Pobudni fluks je jednosmerna struja koja se propušta kroz namotaje rotora.

Kada se rotor okreće brzinom:  $n$ , pobudni fluks seče provodnike višefaznog namota statora i

indukuje u njegovim faznim namotajima naizmeničnu ems  $E_f'$

Okretanje indukta za jedan polni korak odgovara jedna perioda napona indukovanog u provodniku.





## 2. PRINCIP RADA SINHRONOG GENERATORA

Ako namotaj statora priključimo na simetričan višefazni potrošač, u namotaju statora poteći će višefazne struje.

Te struje obrazuju mps, a one magnetni fluks statora (Teslino obrtno polje), koji se po njegovom obimu okreće u smeru obrtanja rotora.

Rotor se okreće istom brzinom kao i obrtni magnetni fluks statora. Iz ove činjenice potiče i naziv **sinhrona mašina**

$$n = \frac{60 * f}{p} [ob / min]$$

$$n = n'$$

p – broj pari polova mašine



## 2. PRINCIP RADA SINHRONOG GENERATORA

- Brzina obrtanja rotora je jednaka brzini obrtnog (Teslinog) elektromagnetnog polja, pa otuda i potiče naziv **sinhrone mašine**.

$$n = \frac{60 \cdot f_s}{p} [\text{o/min}]$$

- $n$  je brzina obrtanja rotora,
- $f_s$  je frekvencija statorskih struja,
- $p$  je broja pari polova.

$p$	1	2	3	4	5	6
$n$ [o/min]	3000	1500	1000	750	600	500





### 3. ELEKTROMOTORNA SILA INDUKOVANA U JEDNOM PROVODNIKU

Kod harmoničnih funkcija važi:

$$B_{sr} = \frac{2}{\pi} B_m \quad B_m = B\sqrt{2}$$

Koeficijent  $k$  je:  $k = \frac{B}{B_{sr}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11$   $v = 2\pi f$

$$\Phi = l_{sr} \tau B_{sr}$$

$$E_{pr} = l_{sr} v B = l_{sr} v k B_{sr} = 2k f \Phi$$

EFEKTIVNA VREDNOST elektromotorne sile po provodniku:

$$E_{pr} = 2,22 f \Phi$$



### 3. ELEKTROMOTORNA SILA INDUKOVANA U NAMOTAJIMA JEDNE FAZE

$$E = 2,22kfN \Phi \quad k = k_p k_t$$

**Pojasni navojni sacinilac** prdstavlja odnos izmedju vektorskog i aritmetičkog zbira ems.

$$k_p = \frac{E_{(m)}}{2E_1} = \frac{\sin \frac{m\theta}{2}}{m \sin \frac{\theta}{2}}$$

**Tetivni navojni sačinilac** predstavlja odnos izmedju vektorskog i algebarskog zbira ems po provodniku

$$k_t = \frac{E_{nav}}{2E_{pr}} = \sin \frac{y\pi}{\tau 2}$$



# 4. DIJAGRAM MAGNETO POBUDNE SILE SINHRONE MAŠINE

Mps je:  $F=N*I$

Na magnetno kolo opterećene mašine deluju dve obrtna magnetno pobudne sile:

- mps induktora (rotora)  $F_{ob}^{\prime}$  i

- mps indukta (statora)  $F_{ob}^{\prime\prime}$

Osnovni talasi obe mps obrću se zajedno istom sinhronom brzinom.

# 4. DIJAGRAM MAGNETO POBUDNE SILE SINHRONE MAŠINE

MPS induktora  $F_{ob}^{\prime}$  potiče od jednosmjerne struje rotora

Višefazne struje u induktu obrazuju MPS indukta  $F_{ob}^{\prime\prime}$

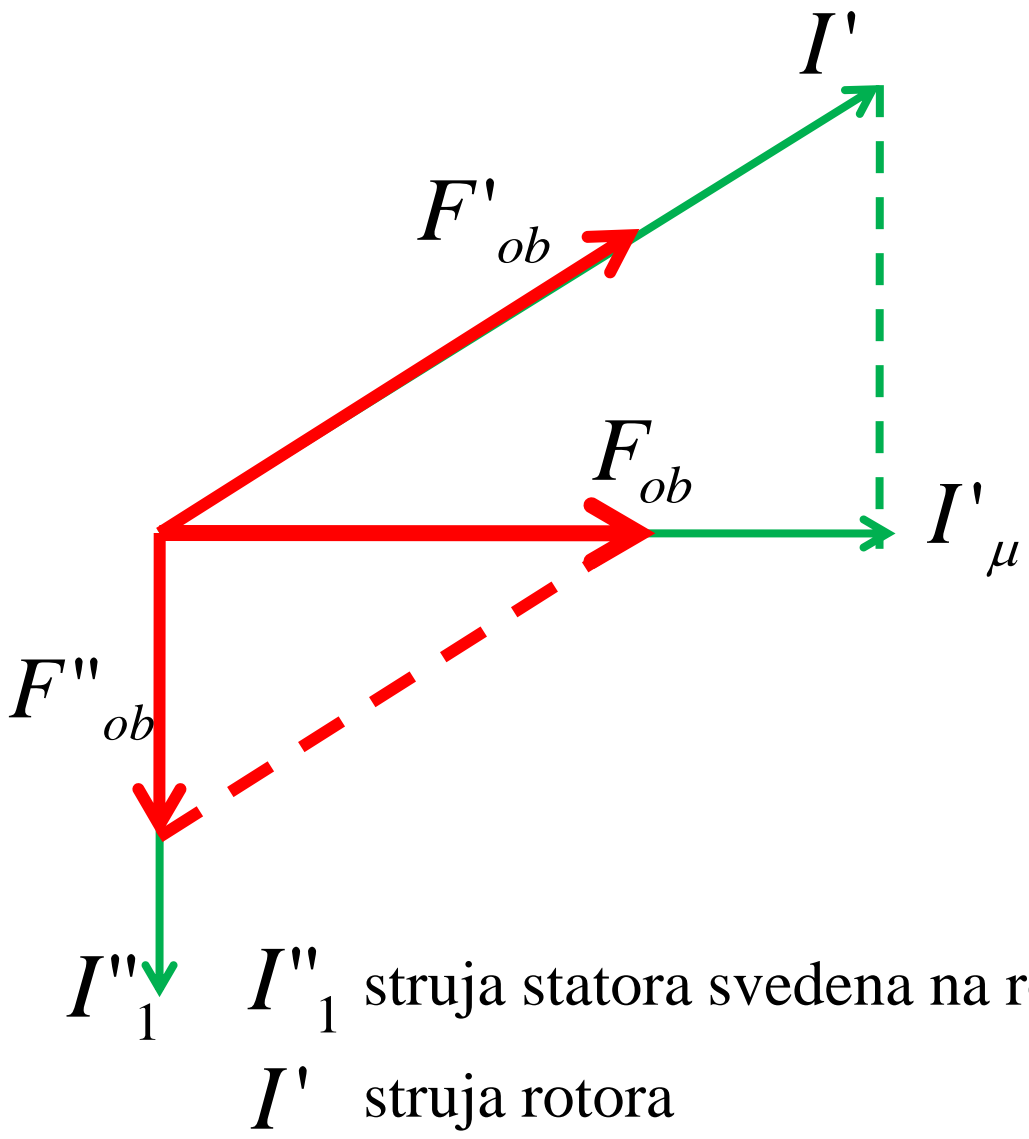
Jednovremenim delovanjem MPS  $F_{ob}^{\prime}$  i  $F_{ob}^{\prime\prime}$  u međugvožđu javlja se zajednički magnetni fluks  $\Phi_{ob}$

MPS  $F_{ob}^{\prime}$  i  $F_{ob}^{\prime\prime}$  deluju kao jedna koja se naziva **zajednička MPS  $F_{ob}$**



Vektor zajedničkog mps dobija se kao geometrijski zbir vektora magnetnih napona induktora i indukta:

$$\overline{F}_{ob} = \overline{F}'_{ob} + \overline{F}''_{ob}$$



$I'_{\mu}$  pobudna struja koja odgovara zajedničkom mag. fluksu

$I''_1$  struja statora svedena na rotor  
 $I'$  struja rotora





# 4. DIJAGRAM MAGNETO POBUDNE SILE SINHRONE MAŠINE

Zajednički mps  $F_{ob}$  stvara u magnetnom kolu mašine **zajednički magnetni fluks  $\Phi_{ob}$**

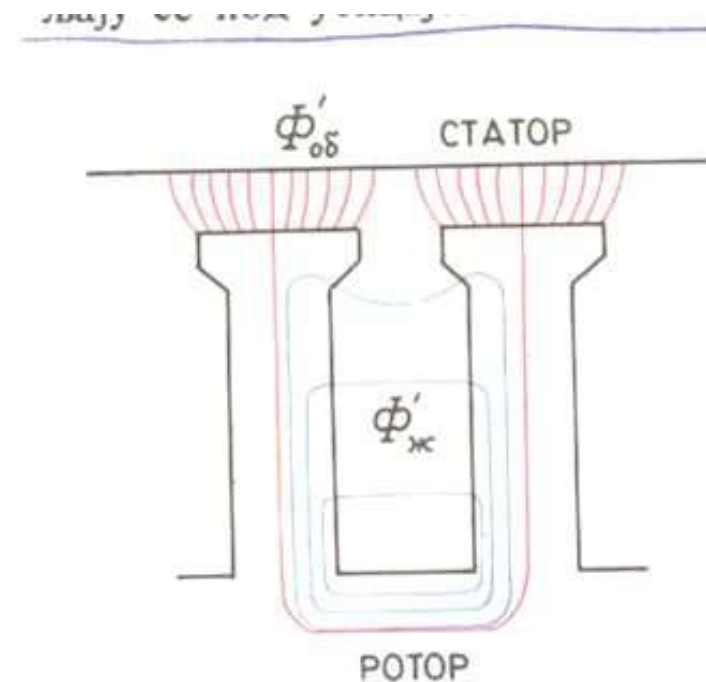
Magnetno kolo sinhronne mašine nije savršeno, u njegovim delovima javljaju se pored zajedničkog fluksa još i rasuti fluksovi.

# Rasipanja fluksa koja potiču samo od mps rotora $F'_{ob}$ su:

rasuti fluks **punog rotora**  $\Phi'_{\gamma ob}$  sastoji se od:

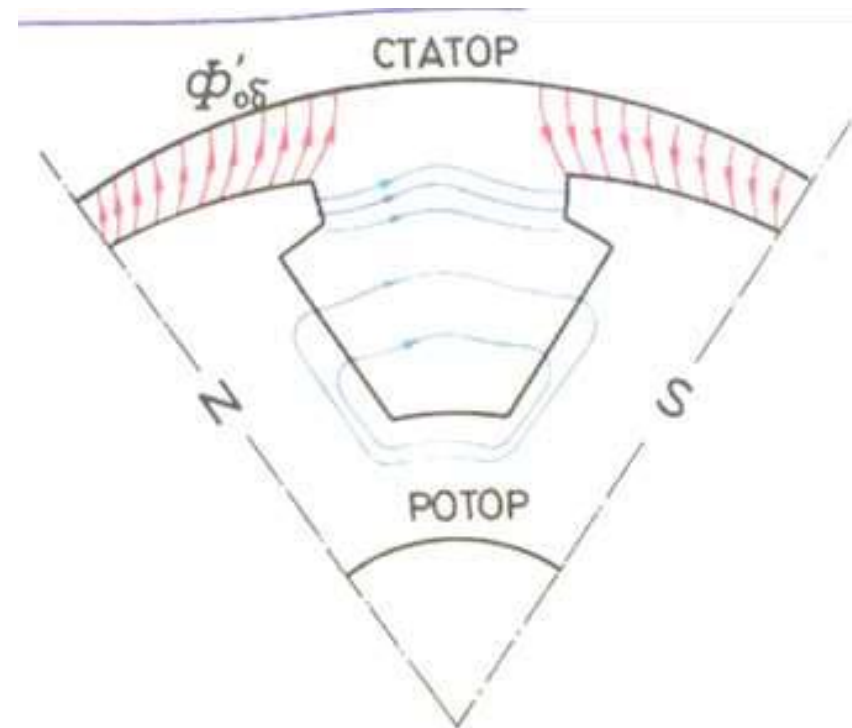
-žljebnog rasipanja  $\Phi'_{z}$  tj. fluks koji se zatvara od zupca do zupca i

-bočnog rasipanja  $\Phi'_b$  tj. fluksa koji se javlja oko bokova navojnih dijelova



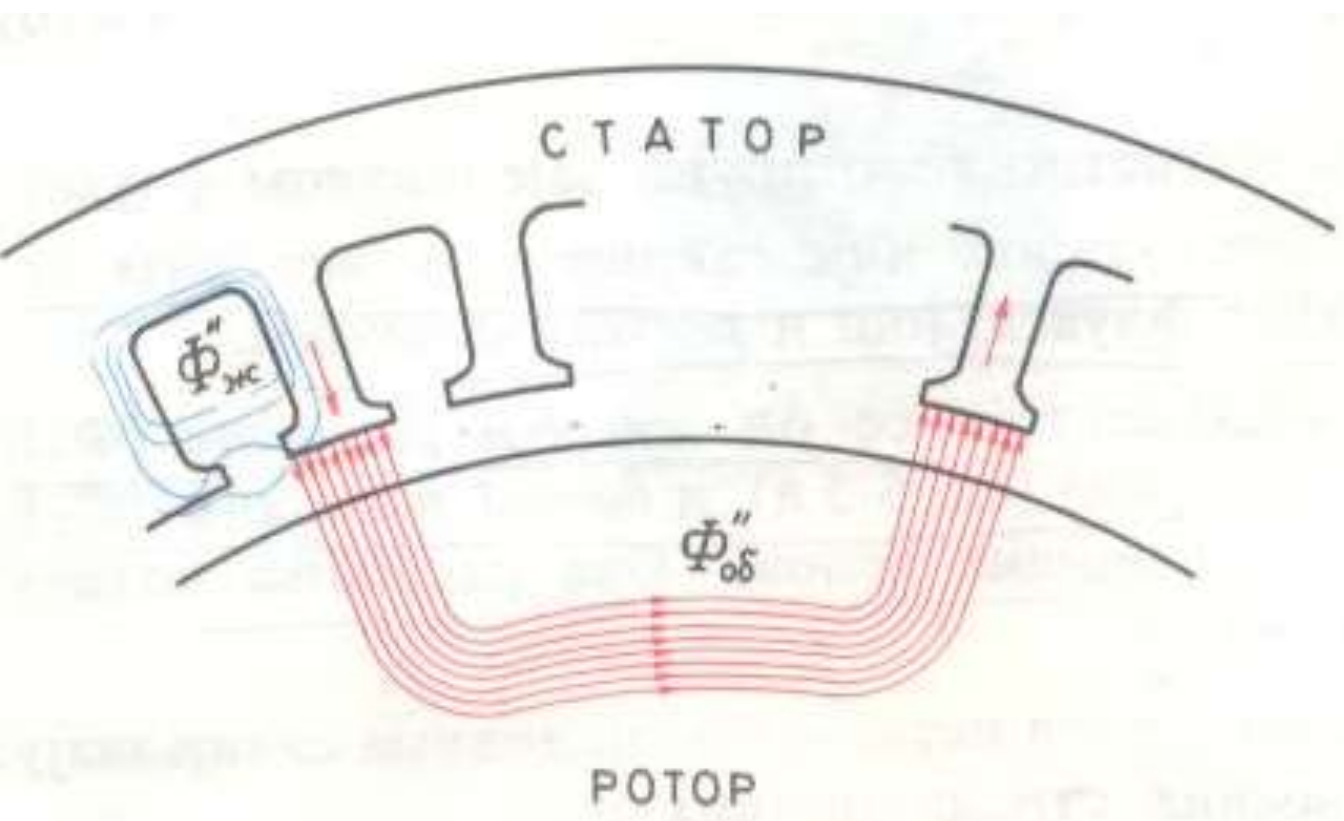
# Rasuti fluks rotora sa **istaknutim polovima** sačinjavaju magnetno rasipanje između:

- naspramnih strana polnih nastavaka i polnih jezgara i
- magnetno rasipanje između bočnih površina polnih nastavaka i jezgara



Rasipanja koja se javljaju pod uticajem samo mps statora  $F''_{ob}$  su:

rasuti fluks statora  $\Phi''_{\gamma ob}$  sastoji se od žljebnog rasipanja  $\Phi''_b$  i  $\Phi''_{\check{z}}$  bočnog rasipanja.



Сл. 5-6. Жлебно расипање статора

$$\Phi'_{\gamma ob} = \Phi'_{\check{z}} + \Phi'_b$$

$$\Phi''_{\gamma ob} = \Phi''_{\check{z}} + \Phi''_b$$

U rotoru postoje dva stvarna fluksa:

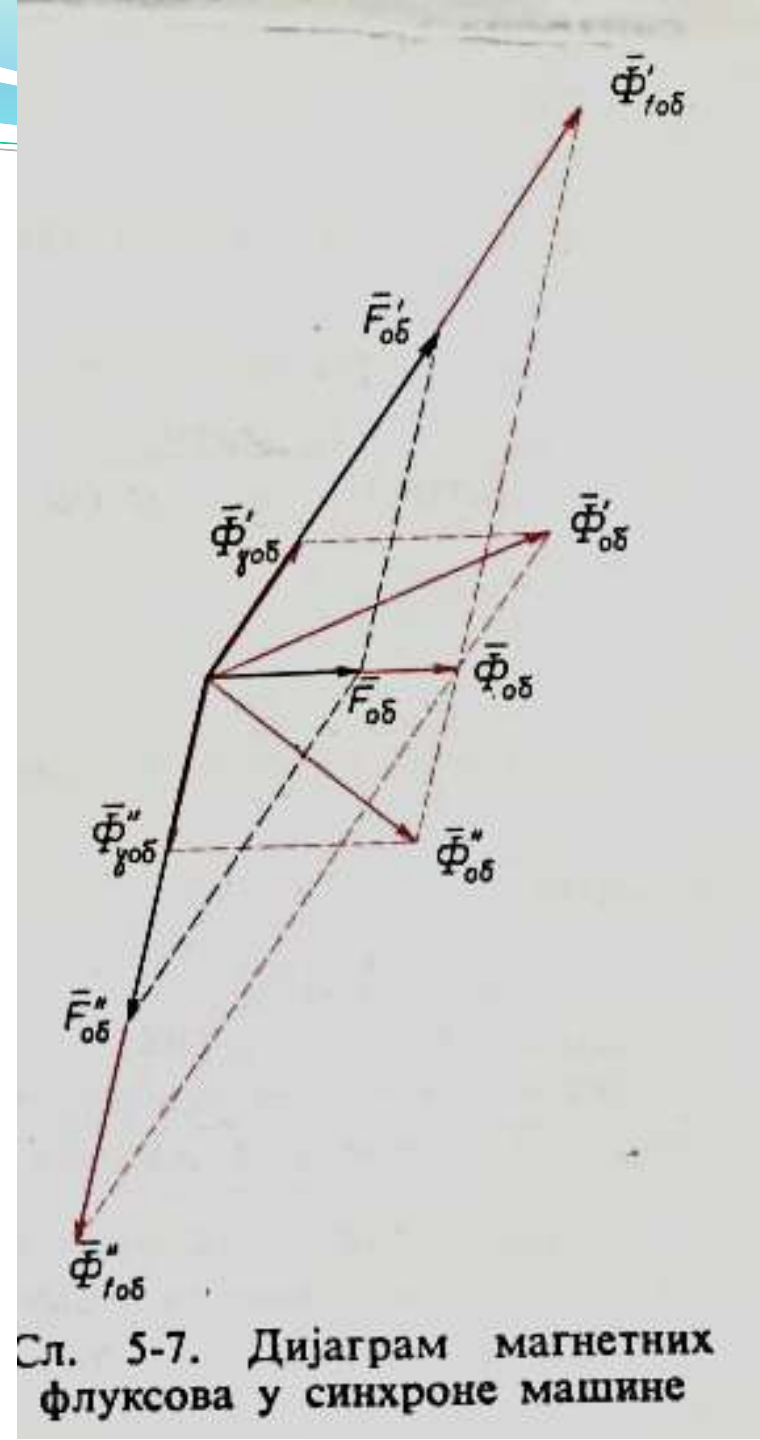
zajednički  $\Phi_{ob}$  i

rasuti  $\Phi'_{\gamma ob}$

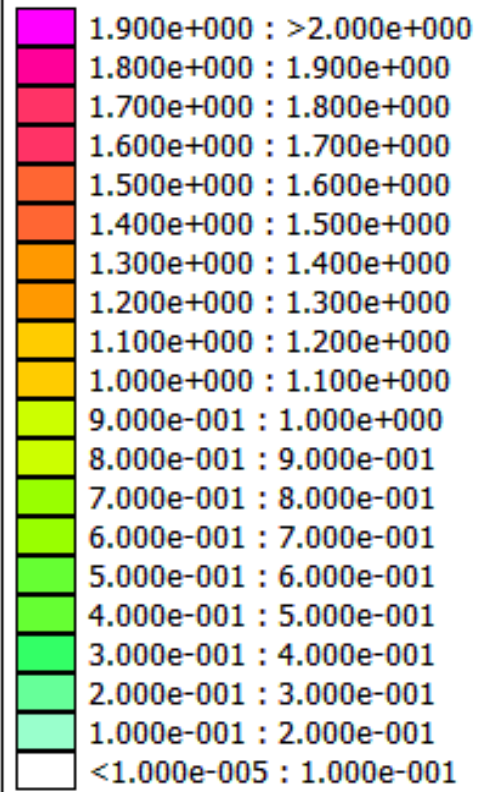
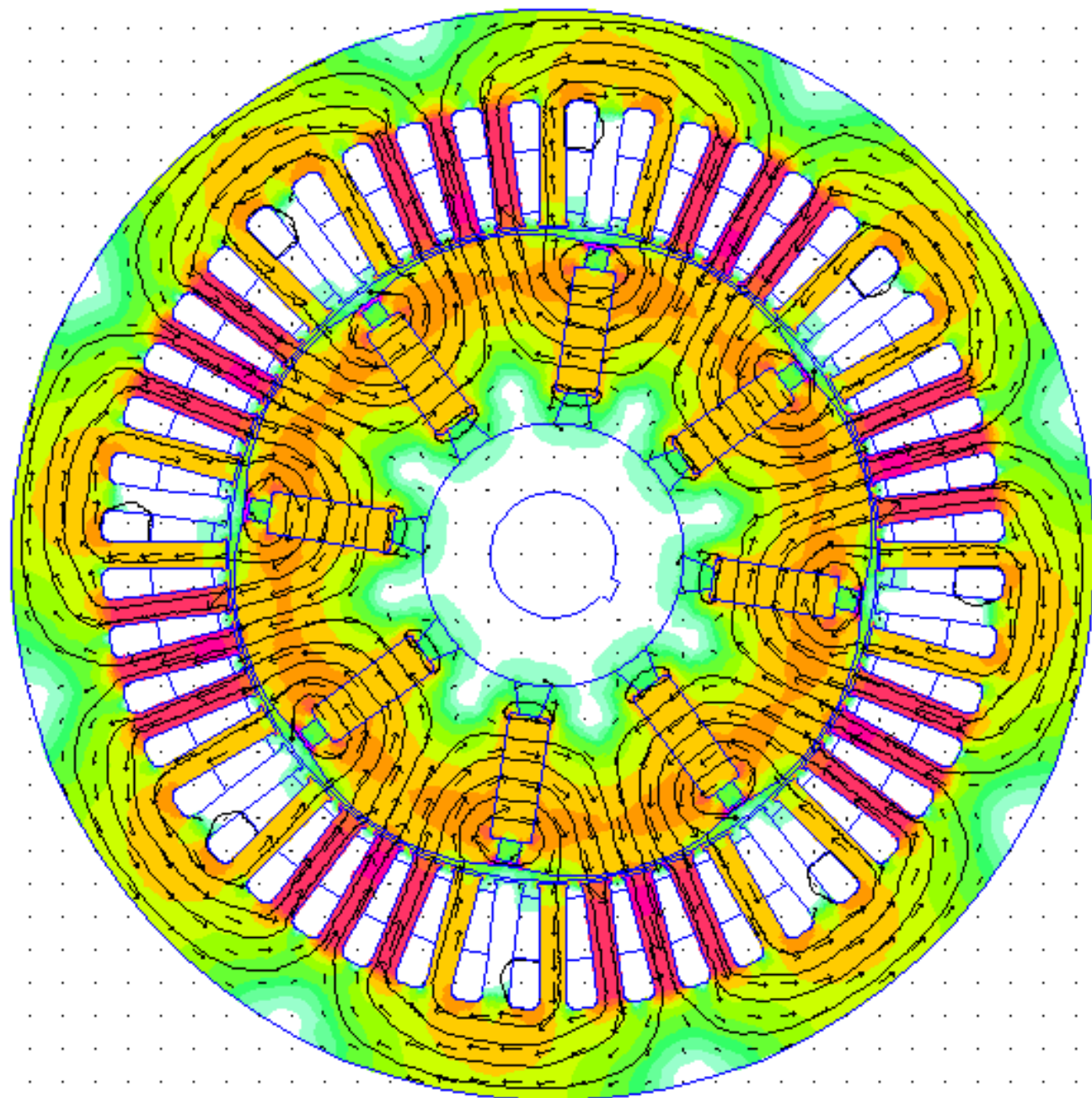
Kroz jezgro statora prolaze:

zajednički  $\Phi_{ob}$  i

rasuti  $\Phi''_{\gamma ob}$



Сл. 5-7. Дијаграм магнетних флукова у синхроне машине



Density Plot: |B|, Tesla