

# ELEKTRIČNE MAŠINE 1

Vrste električnih mašina:

1. Transformatori
2. Mašine jednosmerne struje

*Profesor s.s.: Dr Zorica Bogicevic, dip.inz.el.*

*Saradnik u nastavi: Milan Tomović,*

*dip.inz.el.*



# Eelektrične mašine 1 (predispitne obaveze)

- **Predavanja** 10, obavezno
- **Numer. Vežbe** 10, obavezno
- **Lab. vežbe** 15, predispitna obaveza
- **Proračun tr.tr.** 15, predispitna obaveza
- **Seminarski rad** 5, izborno
- **Kolokvijum I** 15,
- **Kolokvijum II** 15,
- **Kolokvijum III** 15,

**Ukupno**

**100**

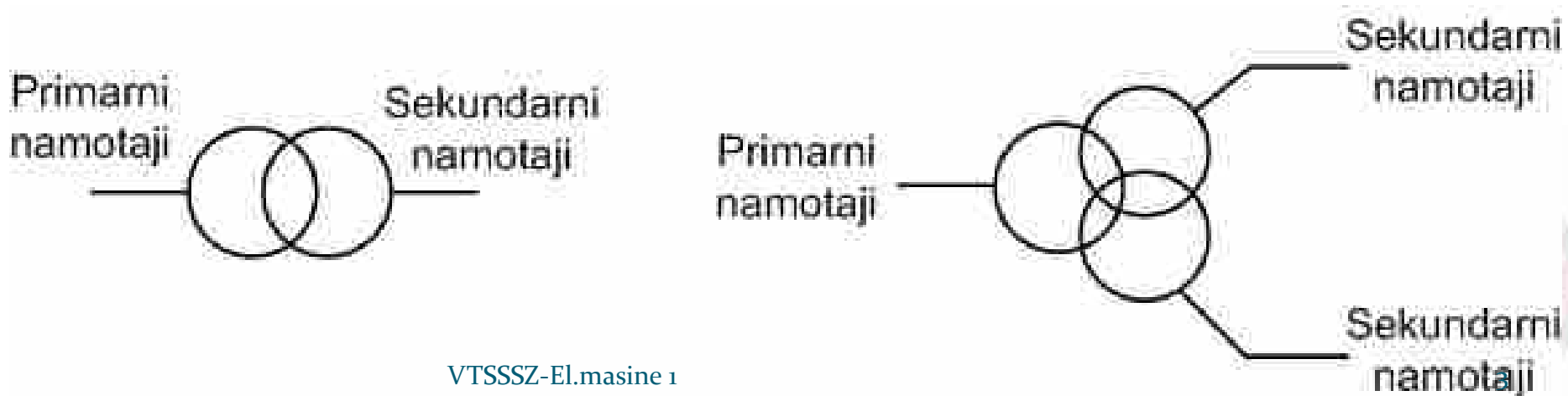


# 1.1 Primena i vrste transformatora

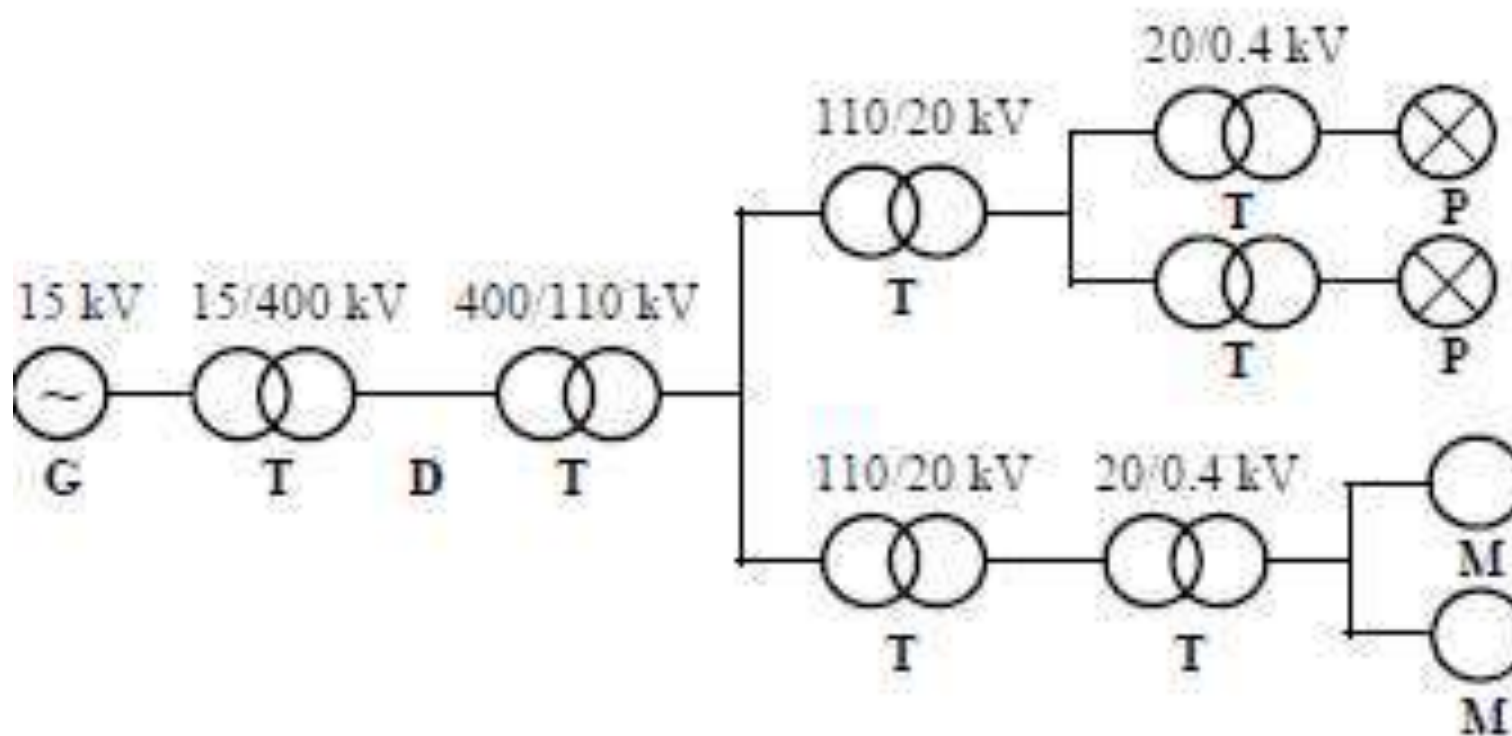
-Transformator je statički elektrotehnički aparat (obavlja funkciju podizanja ili spuštanja napona na koji je priključen ali se unapred izradjuje za jednu od ove dve funkcije).

-Jednofazni ili višefazni (trofazni transformatori)

-Najrasprostanjeniji elektromagnetni aparat



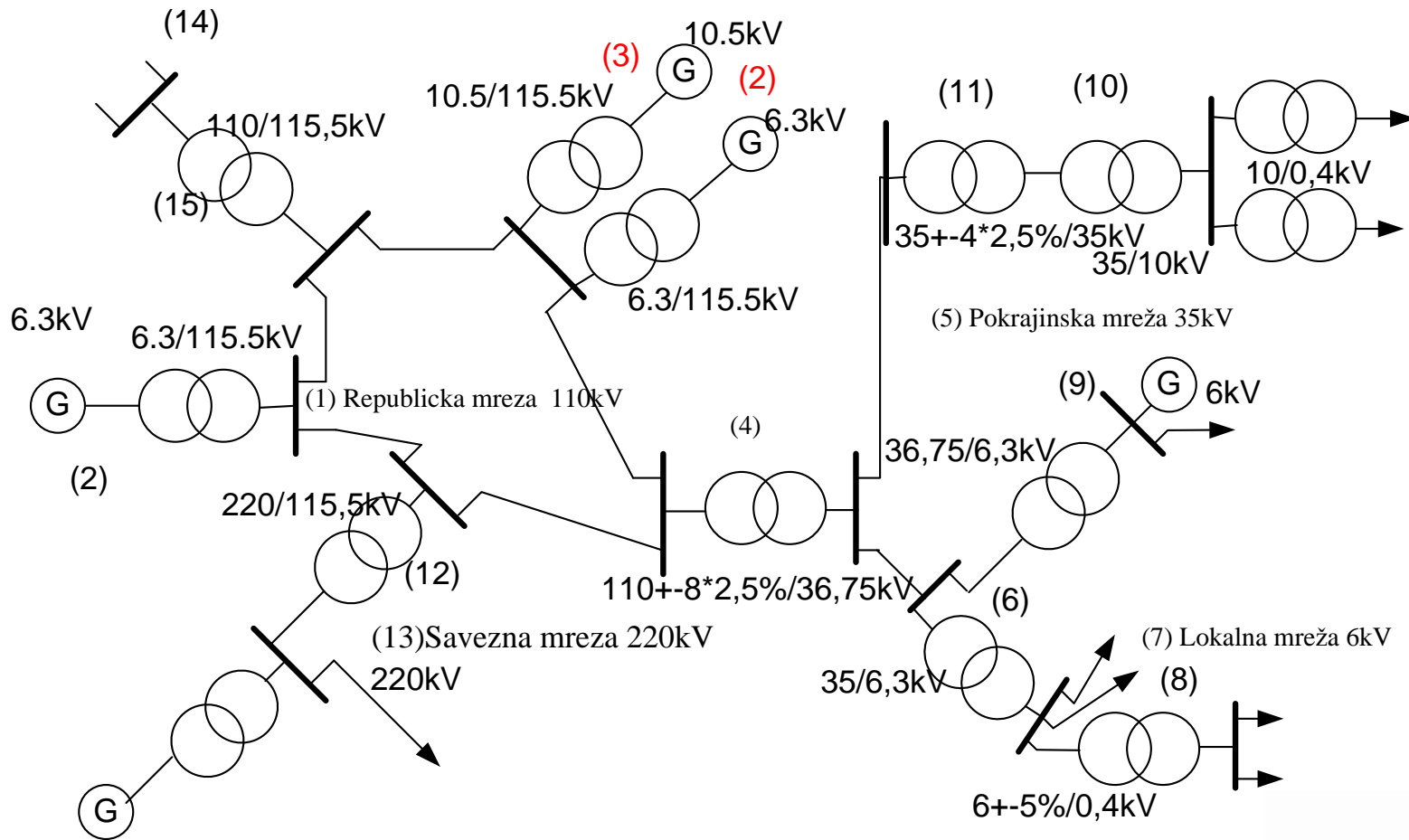
# 1.1 Primena i vrste transformatora



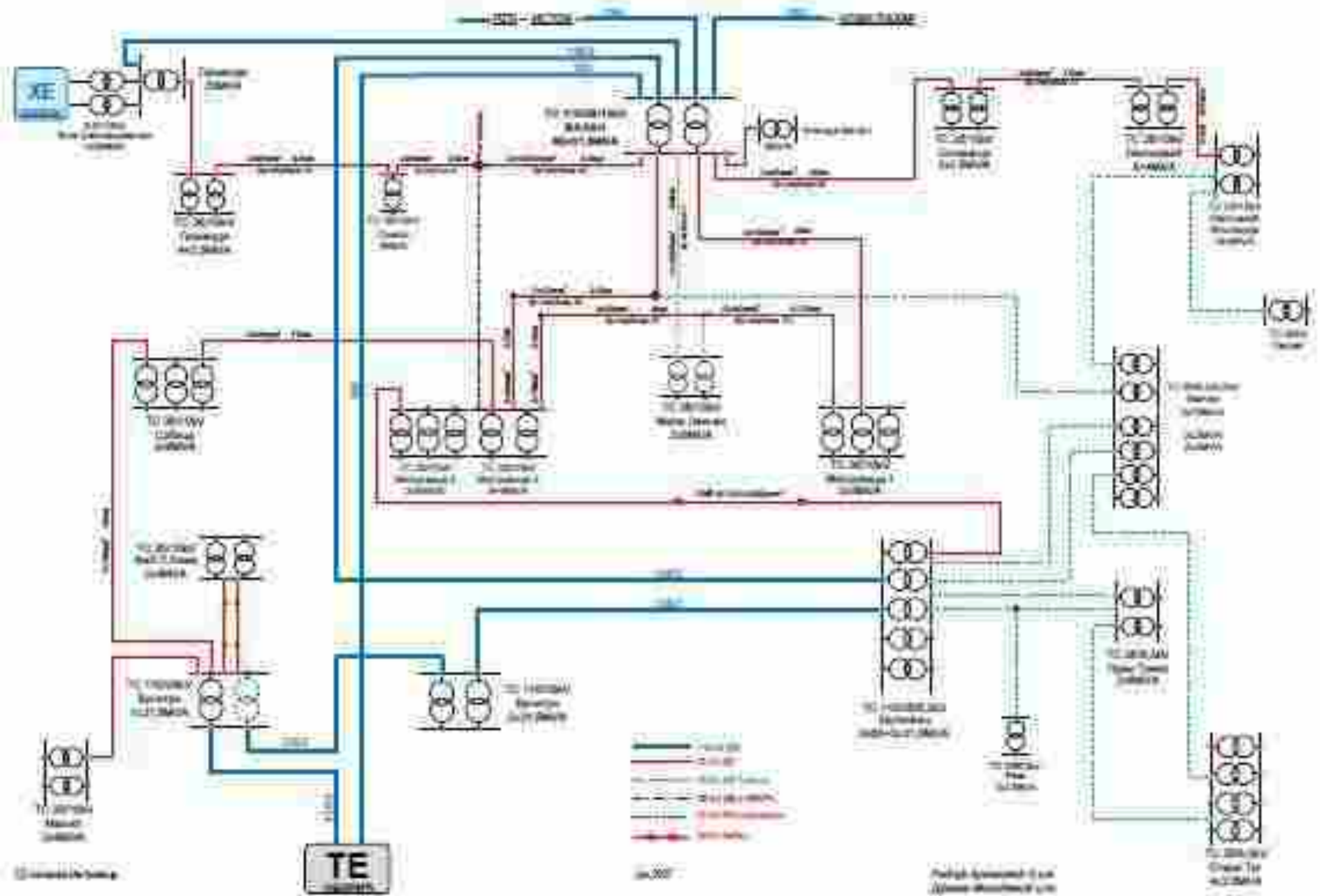
Transformiranje napona u elektroenergetskom sistemu



# 1.1 Primena i vrste transformatora



# ЈЕДНОПОЛНА ШЕМА 110 и 35 kV МРЕЖЕ



VTSSSZ-El.masine 1

## 1.2 Nominalni podaci transformatora

### • KORISNA I UTRISENA SNAGA, STEPEN ISKORISCENJA



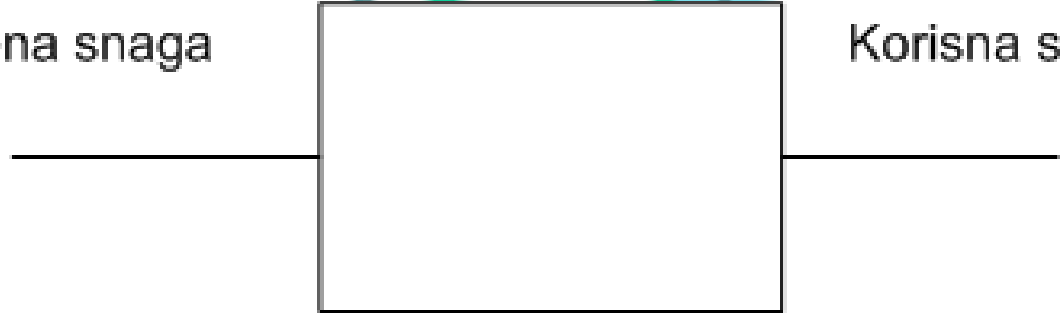
- Ime proizvođača,
- Oznaka tipa transformatora, proizvodni broj transformatora,
- Nominalni primarni napon, napon na koji se priključuje ulazni namot (linijska vrednost)
- Nominalni sekundarni napon, napon koji nastaje u P.H. na izlaznim namotajima.
- Nazivna frekvencija, frekvencija za koju je TR napravljen
- broj faza,
- Nominalna snaga, prividna snaga koju TR daje nominalnu izlaznu struju uz dati ulazni napon i frekvenciju, snaga kojom TR može biti trajno opterećen a da ne dodje do pregrijavanja namotaja.



Utrosena snaga

Korisna snaga

# Primer



- Transformator prima na ulazu snagu od 1000kW a na izlazu daje snagu od 985kW.

Odrediti gubitke snage i stepen iskorišćenja.





## 1.2 Nominalni podaci transformatora

- **Nominalna primarna struja**, struja na ulaznim krajevima TR određena ulaznom snagom i naponom.(linijska vrednost)
- Nominalna sekundarna struja**, struja na izlaznim krajevima TR, (linijska vrednost), izracunava se na osnovu nomin. snage i nomin. izlaznog napona.
  
- Podaci u vezi s kratkim spojem transformatora**  $uk\%$
- **Stanje izolacije prema nominalnom naponu** (i termička klasa izolacije kod suvih transformatora),
- **Oznaka vrste transformatora s obzirom na način spajanja na mrežu** (transformator ili autotransformator) i oznaka spoja,
- Masa transformatora**,
- **Godina izrade**,
- **Oznaka načina hlađenja prema vrsti rashladnog sredstva koje hladi namot**, načinu njegovog strujanja.



# Primer

- Za trofazni transformator prividne snage  $S_n = P_{sn} = 400 \text{ kVA}$ , nominalni linijski naponi, primarni  $U_n' = 10000 \text{ V}$  i sekundarni pri praznom hodu  $U_0'' = 400 \text{ V}$ .

Kolika je nominalna primarna i sekundarna struja?



# 1.2 Nominalni podaci transformatora

1.OZNAKA	2.OZNAKA	3.OZNAKA	4.OZNAKA
Hladjenje namotaja transformatora		Hladjenje spoljnjeg suda transformatora	
Vrsta sredstva	Nacin strujanja	Vrsta sredstva	Nacin strujanja

**-ONAN**

**-ONAF**

**-AN**

**-ANAN**

**-AF**

**-ODWF**



## 1.2 Nominalni podaci transformatora

Oznaka vrste hladjenja transformatora se sastoji od 2 ili 4 slova  
(prema vrsti i nacinu strujanja rashladnog sredstva)

Vrsta rashladnog sredstva	Oznaka
Mineralno ulje (zapaljiva sintetička izolacijska tečnost)	O
Nezapaljiva sintetička izolacijska tečnost	L
Plin	G
Voda	W
Vazduh	A

Oznake za nacin strujanja rashladnog sredstva	Oznaka
Prirodno	N
Prisilno	F
Kombinovano-dvostruko	D

## 1.2 Nominalni podaci transformatora

### RADE KONČAR TRANSFORMATOR

Tip 3TB N 50-12/8      Broj 900003      Godina 1982

Snaga 50 kVA

1 10500

Broj faza 3      Spoj Yzn5

2 10250

Frekv. 50 Hz      Si 12

3 10000      400/231 V

$u_k$  4%      Hladenje ONAN

4 9750

Kl. izol.      Aktivni dio t

5 9500

Transportna masa

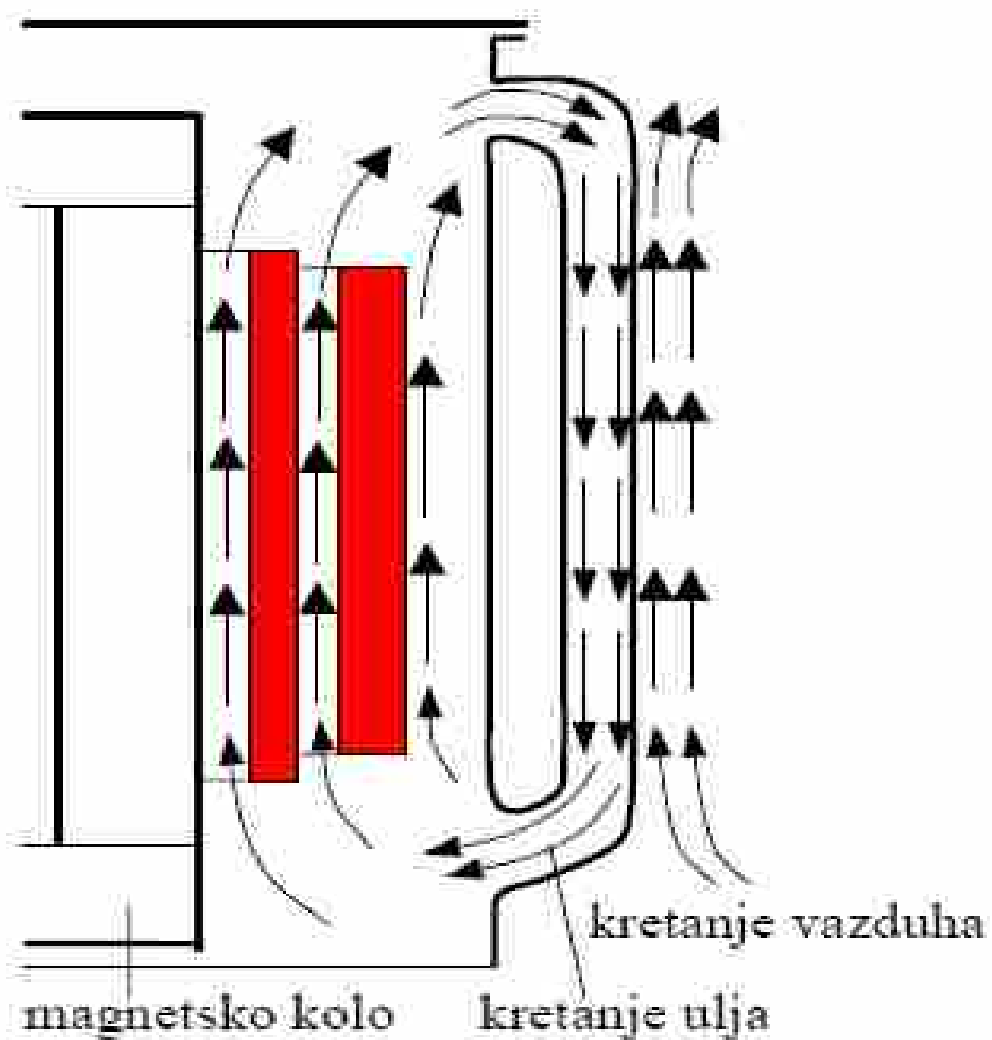
Ulje 0.084 t      Ukupno 0.401 t

## 1.2.1 Vrste transformatora prema načinu hlađenja

Transformator se zagrejava zbog prisutnih džulovih i dodatnih gubitaka u navojima i gubitaka usled histereze i vrtložnih struja u magnetnom kolu

Prema načinu hlađenja razlikujemo transformatore sa:

- a) prirodnim strujanjem vazduha ili ulja
- b) prinudnim strujanjem vazduha ili ulja



**šlika 1-23 Cirkulacija ulja u sudu i vazduha spolja**



Da bi se poboljšalo hlađenje kod velikih transformatora snage preko 10MVA, primenjuje se prinudno strujanje vazduha ili ulja.

Upotrebom ventilatora ili pumpi





# 1.3 Osnovni elementi i konstrukcija transformatora



- Magnetno kolo;
- Električno kolo;
- Pomoćni delovi i pribor.



## **Dilatacioni sud** ima višestruku namenu:

1. Odvaja ulje u transformatoru od spoljnog vlažnog vazduha;
2. Prikuplja vlagu;
3. Omogućava “disanje” ulja u transformatorskom sudu kada se ulje zagreva i hladi;
4. Služi kao rezerva ulja;
5. Kontrolise nivo ulja- na konzervatoru se postavlja pokazivač nivoa ulja ( od celona- providan, nesalomiv i nesagoriv).

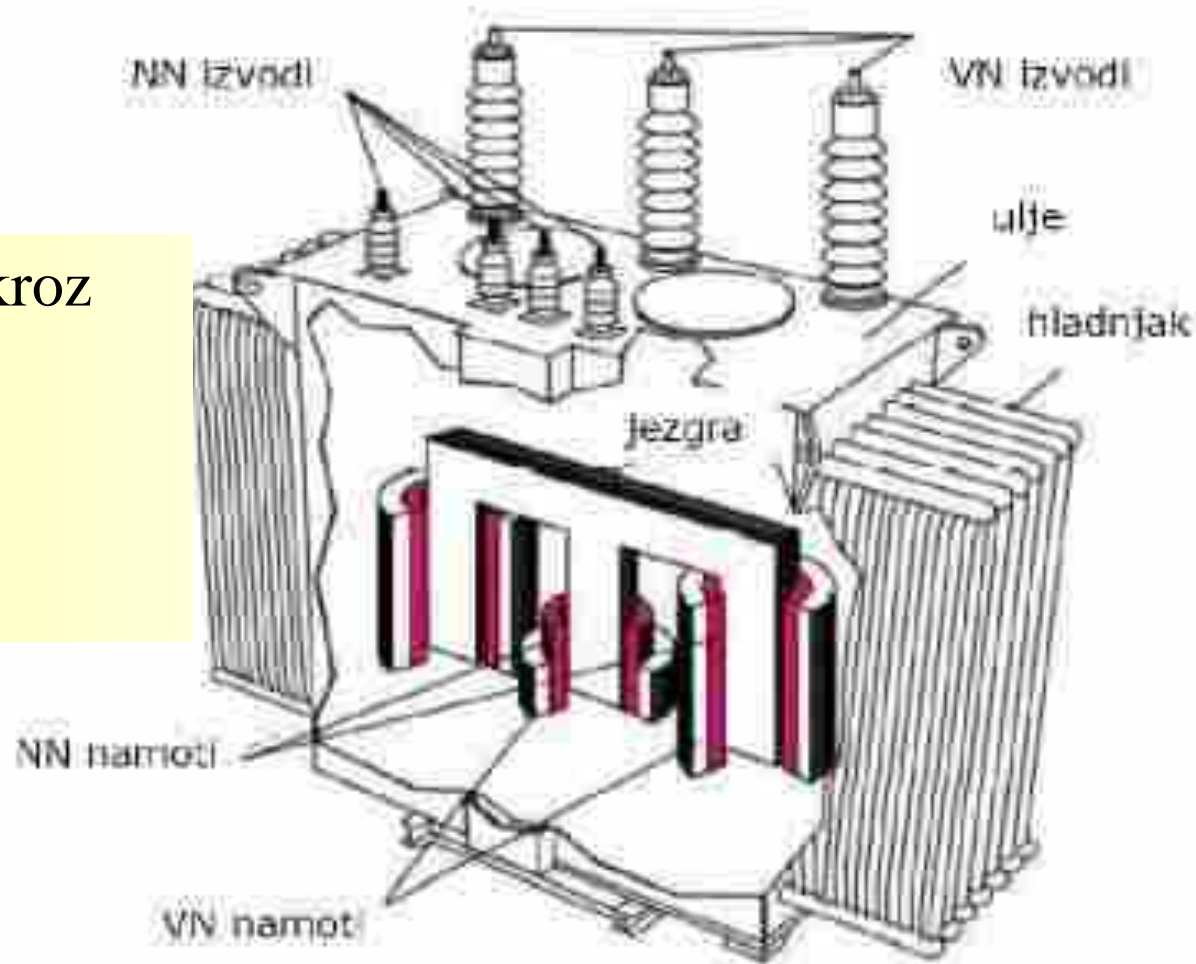
# **Transformatorsko ulje** koristi se kao izolaciono i rashladno sredstvo, koje treba da ima sledeća svojstva:

1. Ne sme da sadrži kiseline jer one deluju korozivno na magnetno kolo i izolaciju navoja;
2. Mora da ima malu viskoznost kako bi se toplota brzo provodila do zidova suda;
3. Ne sme da sadrži nikakve čvrste materije (papir, pamuk, drvo i sl.) jer mu to smanjuje izolaciona svojstva;
4. Ne sme da sadrži vlagu jer mu ona smanjuje probojnu čvrstoću (oko 0,01% vlage smanjuje probojnu čvrstoću za 50%).

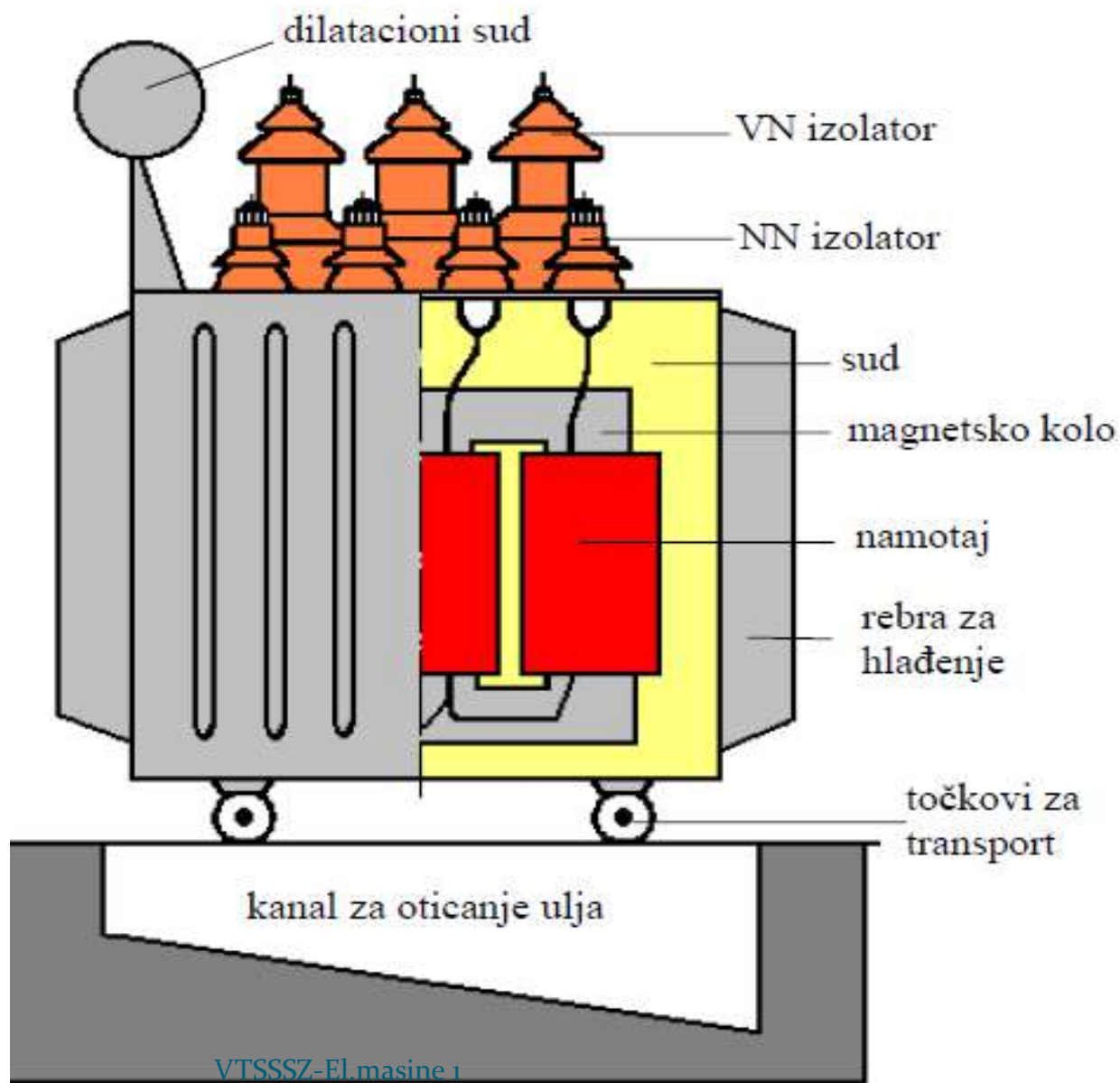
5. Mora imati visoku temperaturu zapaljivosti, koja je veća od radne temperature (temp. uljne pare treba da bude iznad  $150^{\circ}$  C);
6. Treba da ima vrlo nisku temperaturu zaledjivanja da bi bilo dovoljno tečno i na najnižim temperaturama;
7. Probojna čvrstoća novog ulja mora iznositi najmanje  $125\text{kV/cm}$ , a kod trafoa u pogonu  $80\text{kV/cm}$ ;

Kod trafoa za visoke napone ulje mora imati probojnu čvrstoću  $200\text{kV/cm}$

Krajevi navoja se izvode kroz poklopac do priključnih zavrtnja. Oni moraju u odnosu na poklopac i uzajamno biti izolovani



# 1.3 Osnovni elementi i konstrukcija

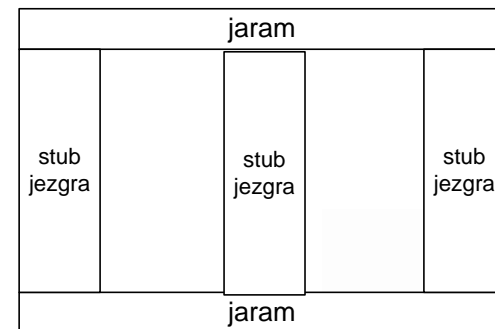
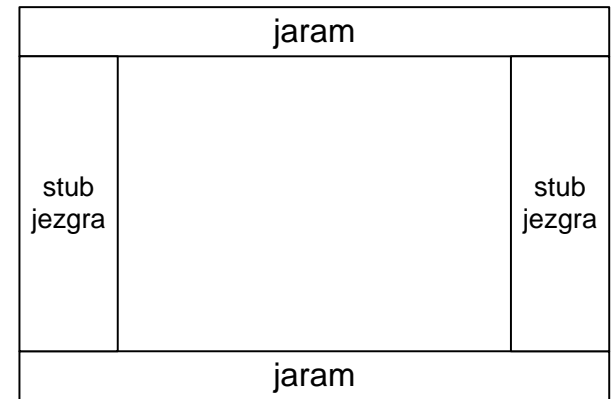


# 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)

- stubni i
- ogrnuti transformatori

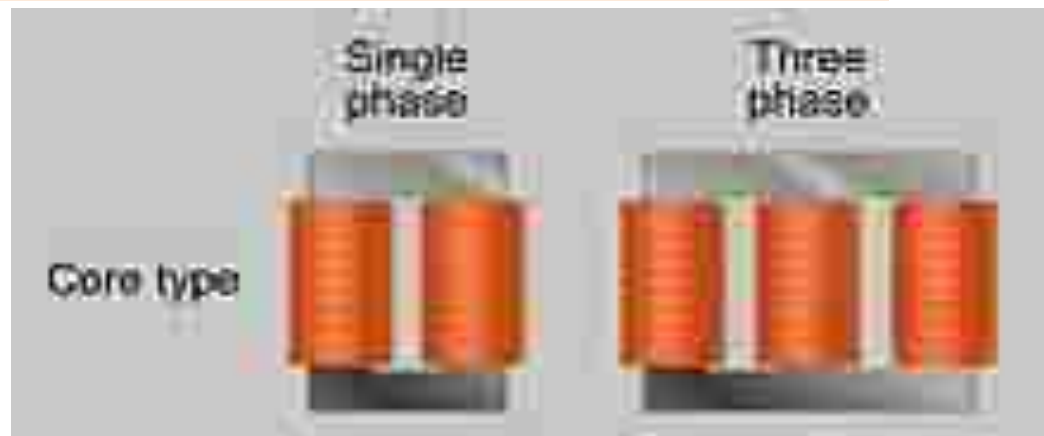
Jezgro transformatora sastoji se iz:

- stubova koji nose namotaje i
- jarmova koji povezuju stubove.
- prozor jezgra (otvor izmedju stubova i jarma) sluzi za smestaj namotaja.

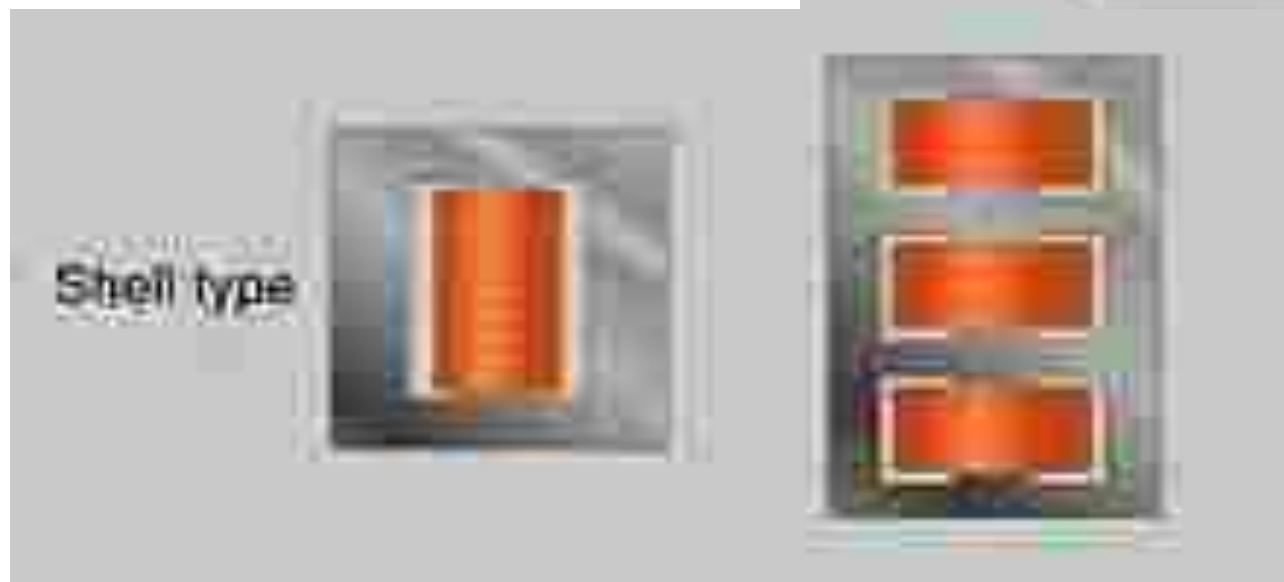


Prema obliku magnetnog kola razlikujemo:

1. Stubne i
2. Ogrnute(oklopne) transformatore

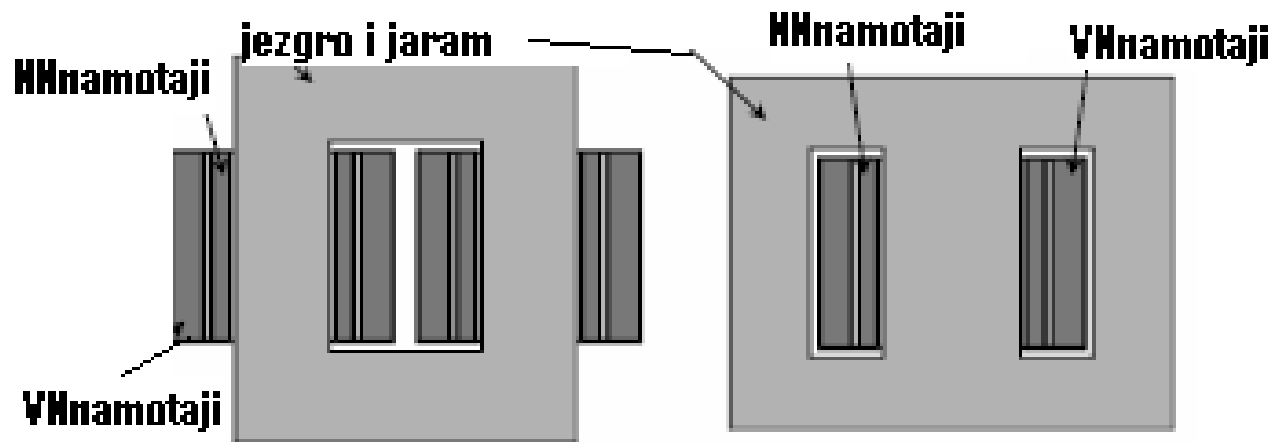


stubni transformatori





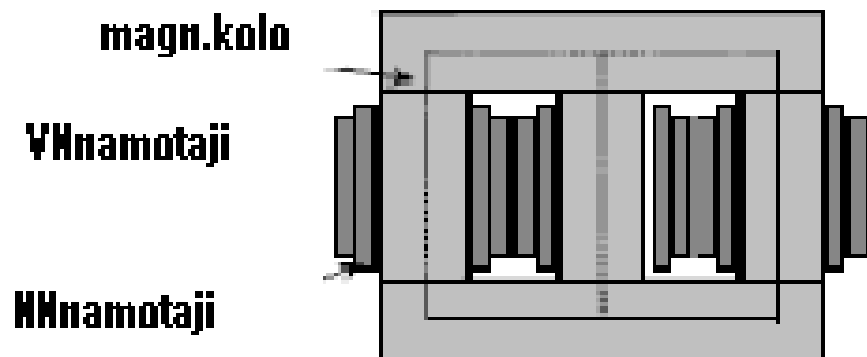
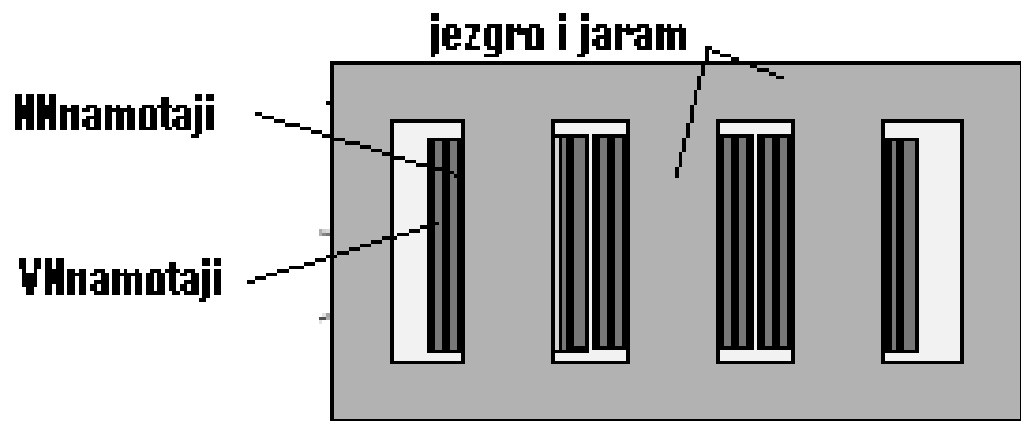
# 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)



**jednofazni transformator**

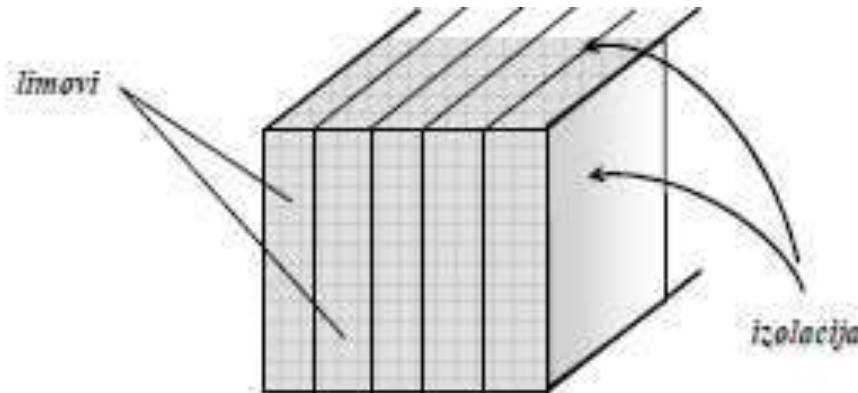


# 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)



## 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)

- Magnetno kolo se gradi od Fe (mali mag.otpor)
- Tanki transformatorski Fe-limovi su debljine 0.35mm i legirani sa 4-4.8% Si.
- Sa jedne strane lima se stavlja izolacija (tanka hartija 0.02mm, sloj emajla 0.02mm ili vodenog stakla 0.015mm)

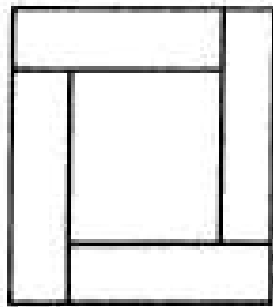


VTSSSZ-El.masine 1

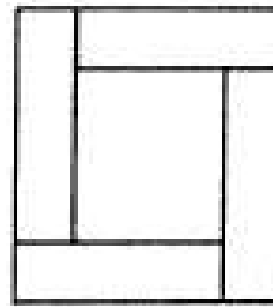


# 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)

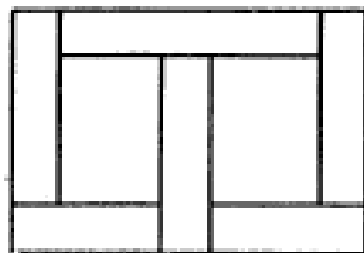
- Slaganje limova u jezgru



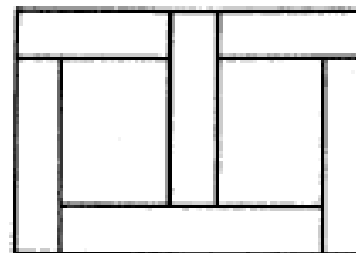
1. sloj



2. sloj



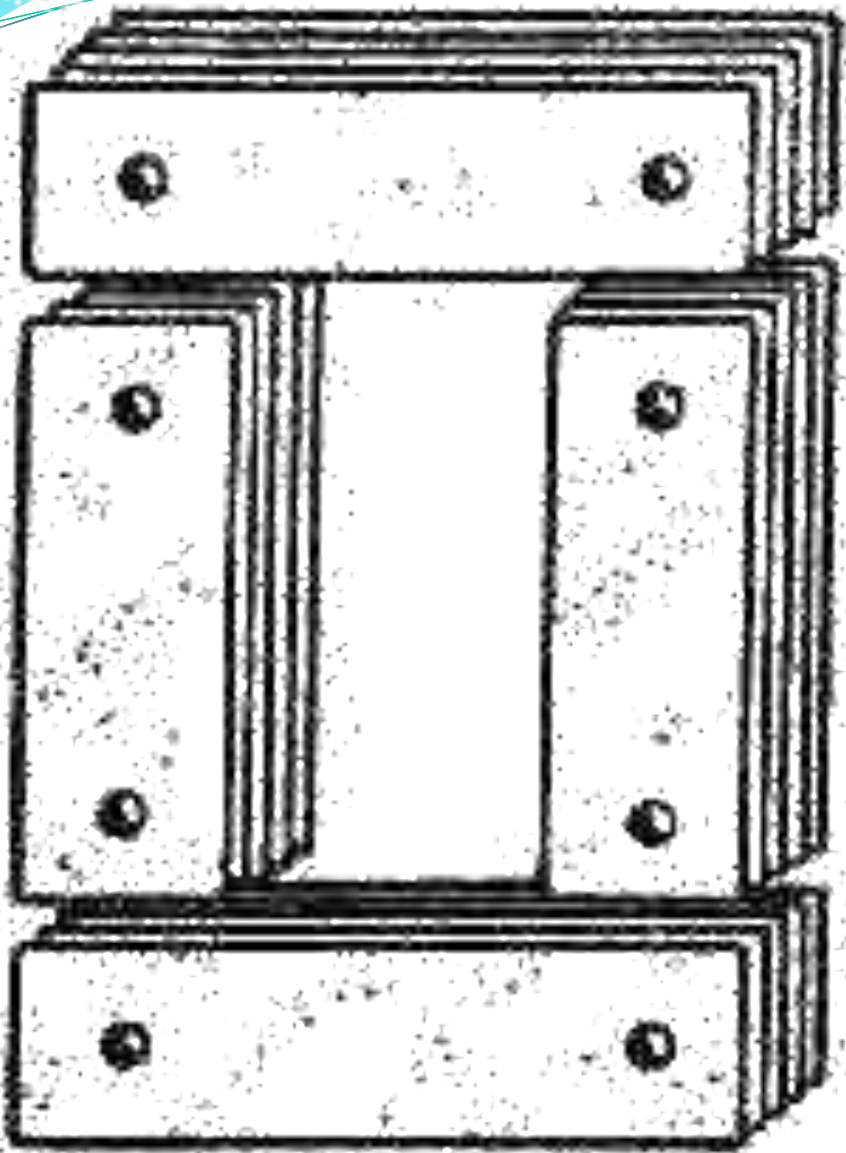
1. sloj



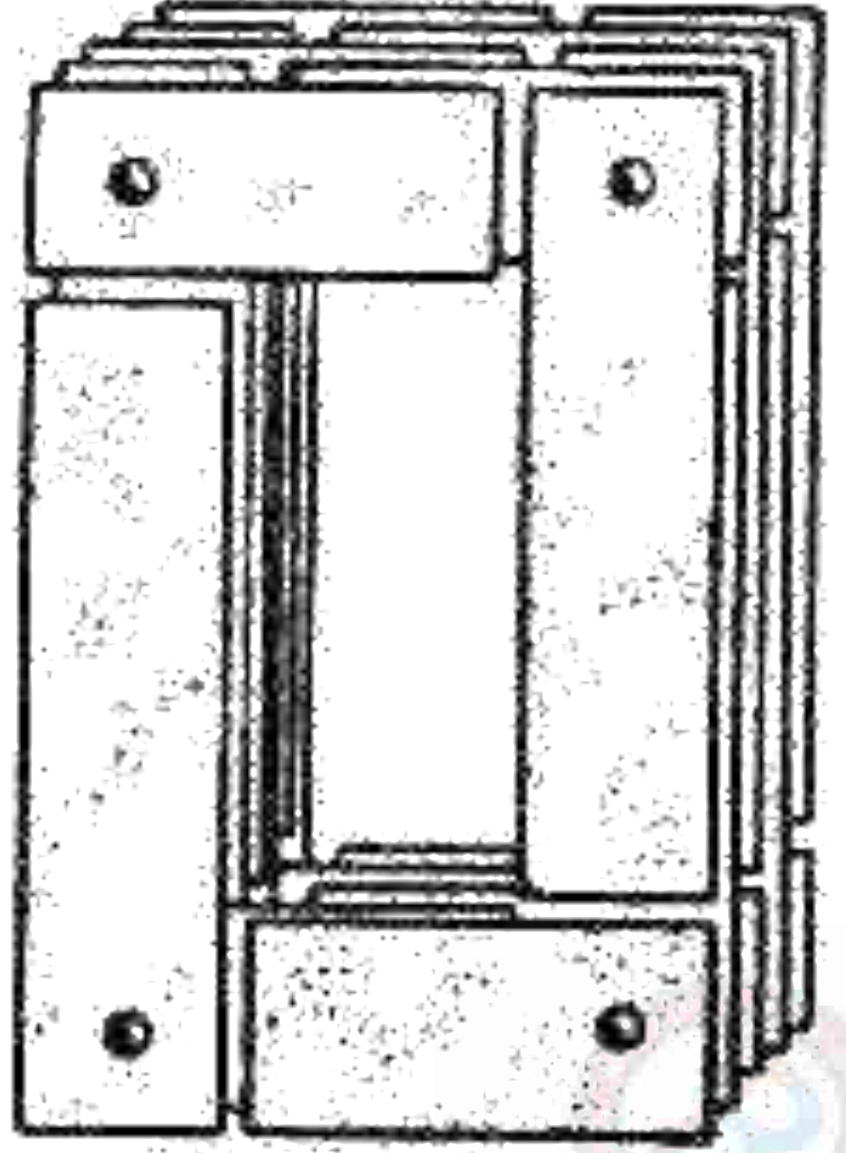
2. sloj



21



31





VTSSSZ-El.masine 1



## 1.3.1 Magnetno kolo (JEZGRO)





# 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)

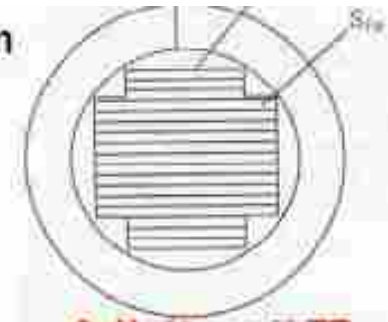
Jezgro magnetnog kola najčešće se slaže da bude u upisnom krugu i da ima stepeničastu formu.

**Koeficijent ispune gvožđa:**

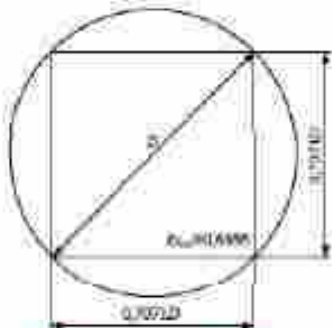
**Koeficijent ispune kruga:**

$$K_{Fe} = \frac{S_{Fe}}{S} = 0.945 \div 0.96$$

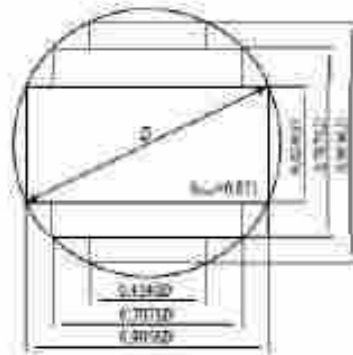
$$\alpha_{Fe} = \frac{S_{Fe}}{S_0}$$



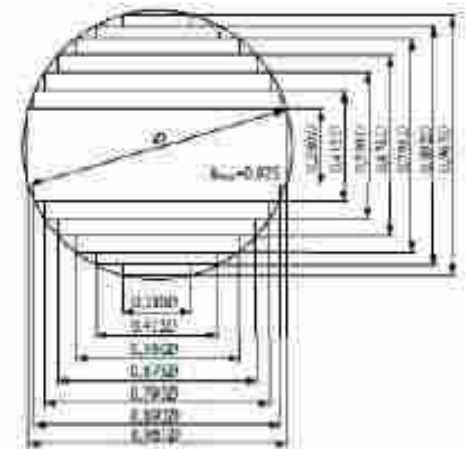
**2. Nešto veći TR**



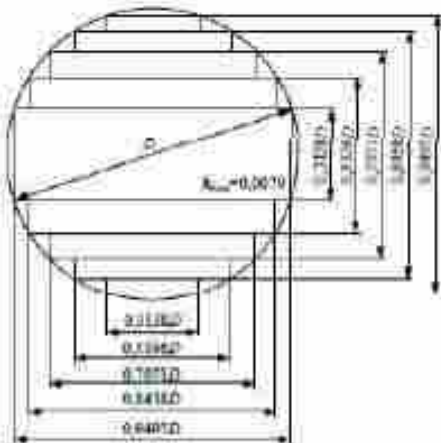
**1. Najmanji TR**



**3. Srednji TR**



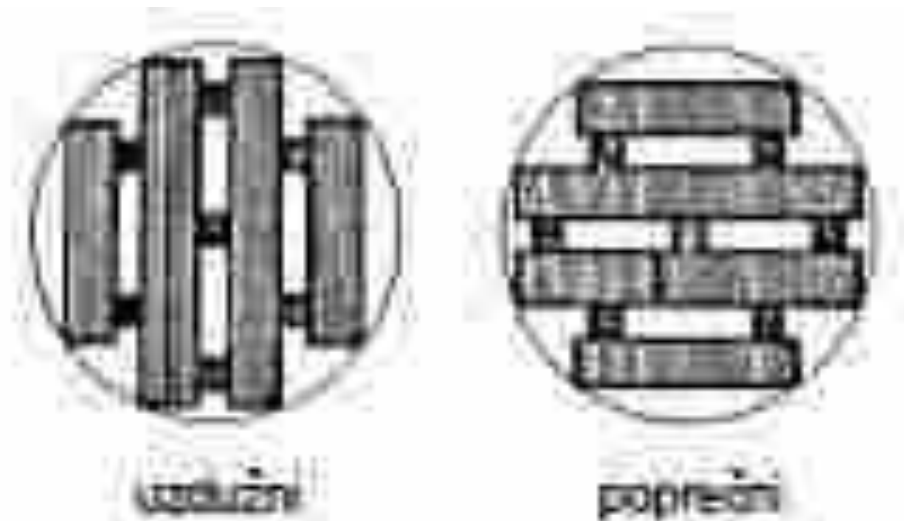
**← 4. Najveći TR →**





# 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)

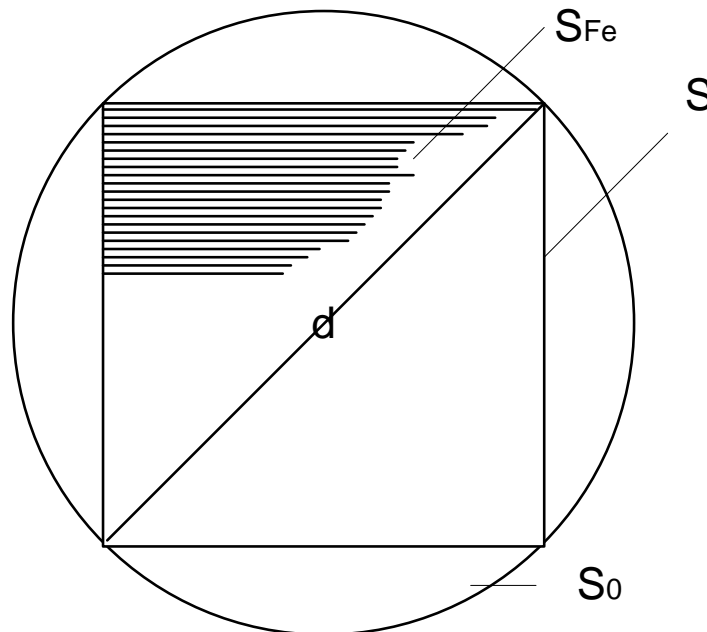
- Jezgra velikih TR se prave sa kanalima za cirkulaciju rashladnog sredstva
- Kanali za hladjenje u jezgru mogu biti:
  - uzduzni i
  - poprecni



Kanali u jezgri za cirkulaciju rashladnog sredstva

# 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)

- Sacinilac ispune kruga  $\alpha_{Fe}$
- Sacinilac ispune gvozdjem  $k_{Fe}$



$$\alpha_{Fe} = S_{Fe} / S_0$$

$$k_{Fe} = S_{Fe} / S$$



## 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)

<b>Vrsta lima i izolacije</b>	<b>sacinilac kfe</b>
<b>Toplovaljani lim izoliran svilenim papirom</b>	<b>0,85</b>
<b>Toplovaljani lim izoliran lakom</b>	<b>0,89</b>
<b>Toplovaljani lim izoliran vodenim staklom</b>	<b>0,91</b>
<b>Hladnovaljani lim izoliran anorganskom izolacijom</b>	<b>0,96</b>

## 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)

- **Sacinilac ispune kruga** zavisi od jacine stezanja limova, broja stepenica preseka i njihovih dimenzija kao i od eventualnih kanala za hladjenje.

- Za jednu stepenicu

$$\alpha_{Fe} = S_{Fe} / S_o = 0.788$$

- Za dve stepenice

$$\alpha_{Fe} = S_{Fe} / S_o = 0.83$$

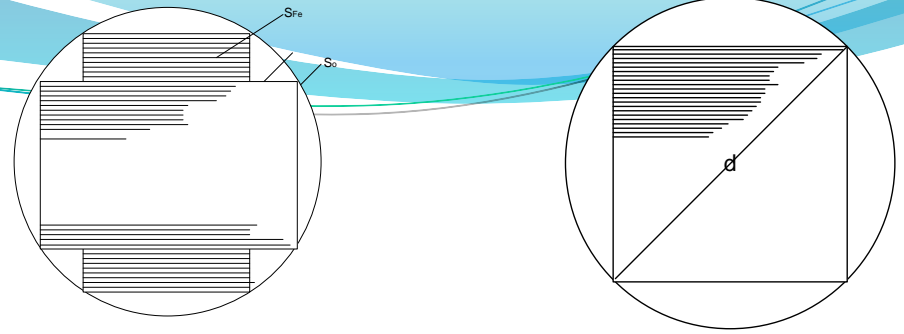


## 1.3.1 Osnovni elementi i konstrukcija – magnetno kolo (JEZGRO)

- Jezgra TR se nakon slaganja stegnu u čvrsto telo
- To je potrebno da se izbegne brujanje (zujanje)
- Sila stezanja po jedinici površine je 10 000 000 N/m.
- Kod malih TR jezgro se bandažira vrpcom
- Kod velikih TR limovi se zatežu šrafovim.



# Primer:



- Transformatorsko jezgro ima kvadratni presek, dužina stranice je 11,9cm. Izračunati sačinilac ispune gvoždjem ( $k_{Fe}$ ), sačinilac ispune kruga ( $\alpha_{Fe}$ ) i maksimalni fluks ako je  $S_{Fe}=0.011 \text{ m}^2$  a maksimalna vrednost magnetne indukcije na preseku 1T (označite na slici,  $S_{Fe}$ ,  $S$  i  $S_0$ ).
- Transformatorsko jezgro ima krstasti presek, dužina stranice je  $a=2\text{cm}$   $b=1\text{cm}$ . Izračunati sačinilac ispune gvoždjem ( $k_{Fe}$ ), sačinilac ispune kruga ( $\alpha_{Fe}$ ) i maksimalni fluks ako je  $S_{Fe}=0.0002 \text{ m}^2$  a maksimalna vrednost magnetne indukcije na preseku je 1T (označiti na slici,  $S_{Fe}$ ,  $S$  i  $S_0$ ).

# Primer

Magnetno kolo energetskog transformatora,  $f=50\text{Hz}$  ima dimenzije prema slici. Odrediti:

-Aktivni presek jezgra i jaram ako je sacinilac ispune gvozdjem  $k_{\text{Fe}}=0.92$

-Masu gvozdja jezgra i jarma, ako je  $\rho=7600\text{kg/m}^3$

