

ELEKTRIČNE MAŠINE 1

Konstrukcija i princip rada transformatora

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

Saradnik u nastavi: Milan Tomović, dip.inz.el.

VTSSSZ-El.masine 1



1.3.2 Osnovni elementi i konstrukcija – električno kolo transformatora

Podela namotaja:

-prema toku energije:

primarni i sekundarni

-prema tipu napona:

niskonaponski i visokonaponski

-prema vrsti izrade :

cilindrični, pljosnati

-prema načinu postavljanja oko jezgra:

koncentrični i mešani



Navoji transformatora

Navojak predstavlja provodnik koji samo jednom obuhvata jezgro transformatora.

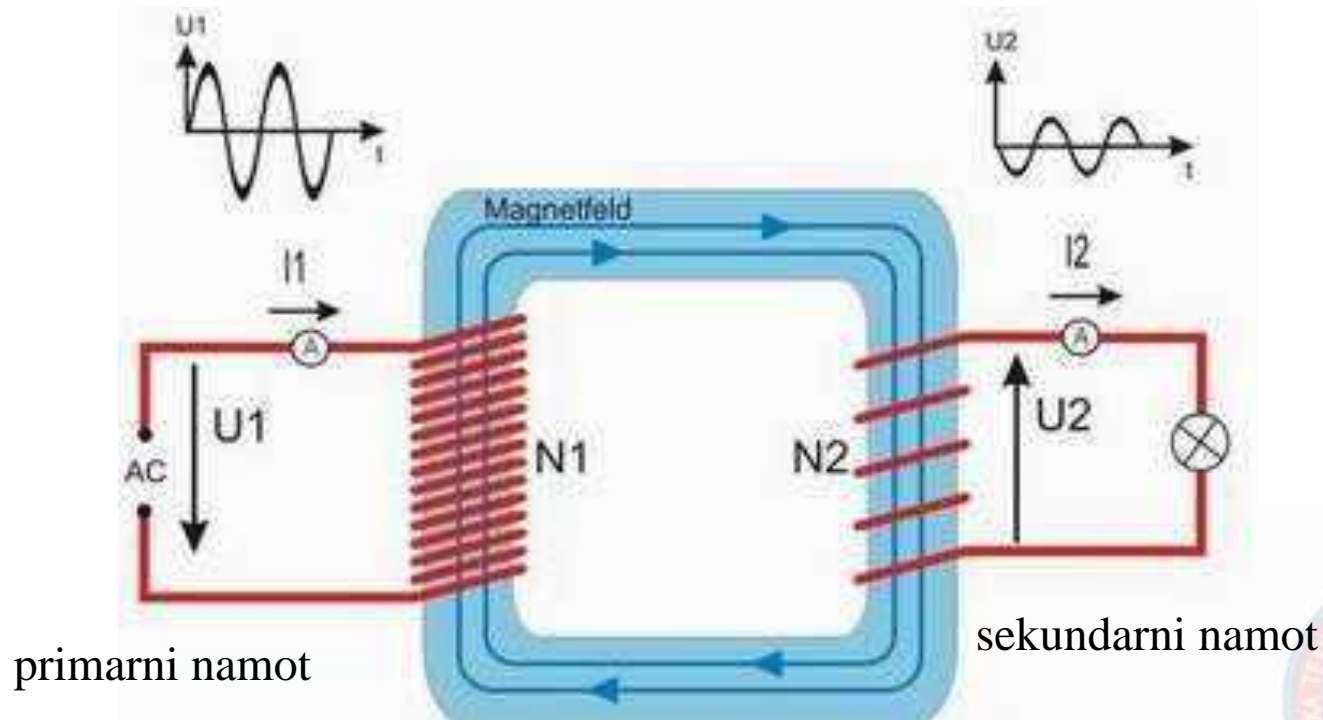
Grupa redno povezanih navojaka obrazuje **navojni deo.**

Nekoliko redno povezanih navojnih delova obrazuju **fazni navoj.**

Navoji primara ili sekundara spregnuti na određeni način obrazuju primarni (ulazni) odnosno sekundarni (izlazni) namot višefaznog transformatora.

Prema smeru transformacije električne energije namoti se dijele na:

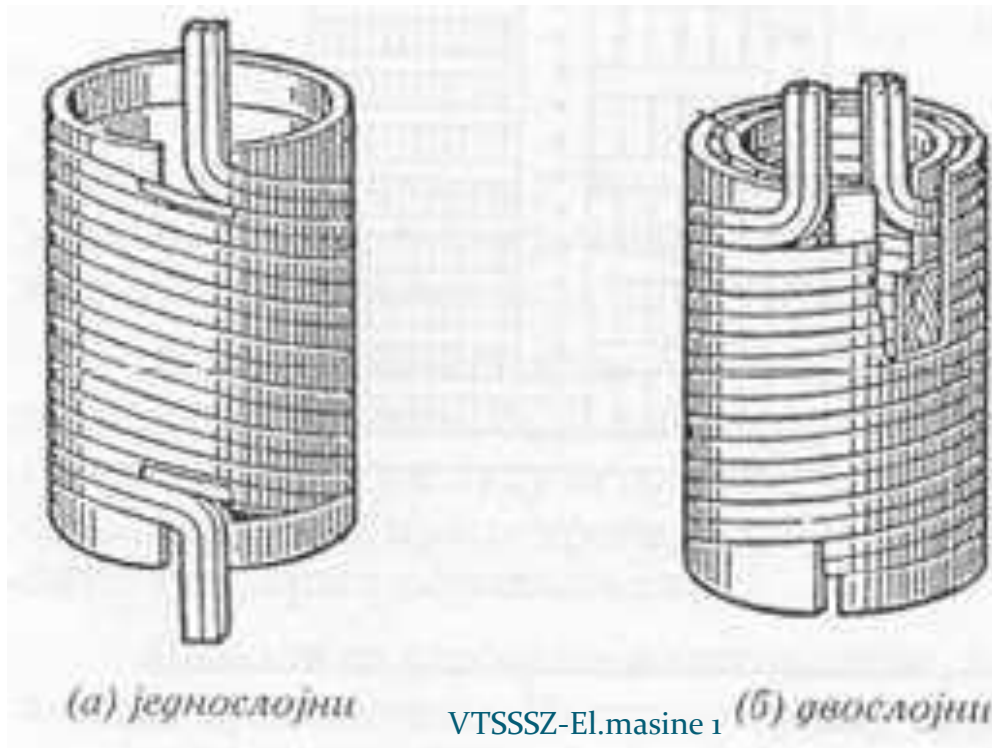
- primarni i
- sekundarni



Prema visini napona razlikujemo namot višeg (vn) i namot nižeg (nn) napona

Prema uzajamnom položaju navoji mogu biti:

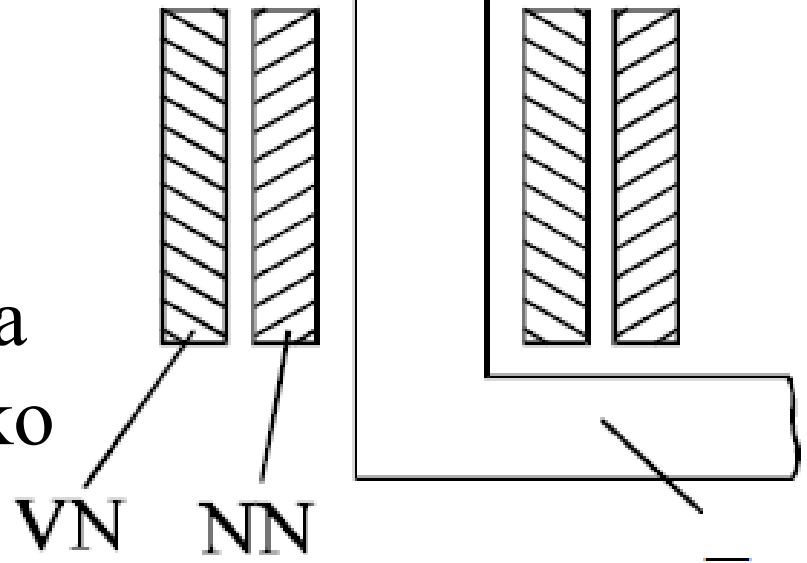
- koncentrični
- mešani



Koncentrični navoji

Primenjuju se kod stubnih transformatora

Oko jezgra se obično postavlja navoj nižeg napona(nn) a preko njega navoj višeg napona(vn)



Izolacija navoja, uzajamna i prema jezgru obezbeđuje se ubacivanjem izolacionih valjaka od prešpana, mikanita itd., čija se debljina bira prema visini napona.

Prednosti koncentričnih navoja:

-pogodniji su za hlađenje jer su prostori između navoja takvog oblika da omogućuju nesmetanu, prirodnu cirkulaciju ulja ili zraka

-jednostavniji za izradu

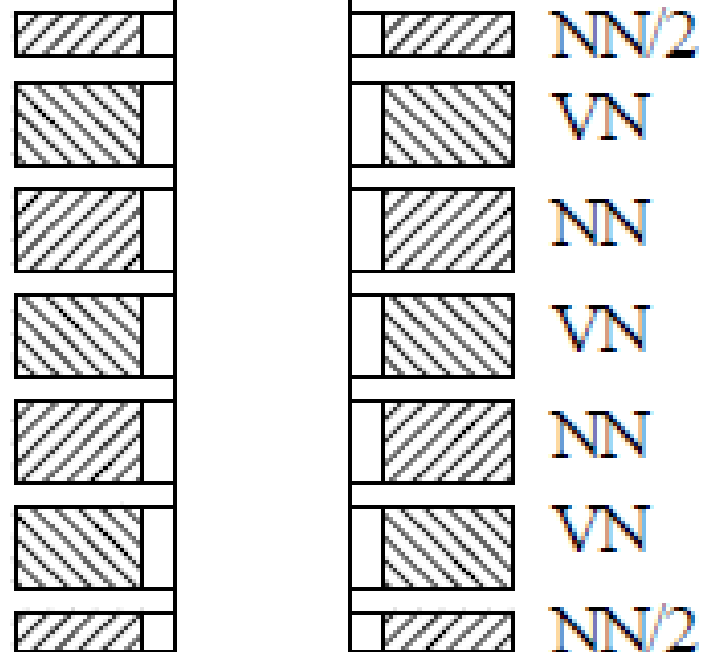
-jeftiniji

Nedostaci koncentričnih navoja:

-veća rasipanja magnetnog fluksa

-veći induktivni padovi napona

Mešani navoj



Primenjuju se kod oklopnih transformatora
(regulacionih tr. i kod transformatora za vrlo velike struje)

Prednosti mešanih navoja:

-zbog naizmenične ugradnje navoja višeg i nižeg napona postiže se mnogo manje rasipanje pa prema tome i manji induktivni padovi napona

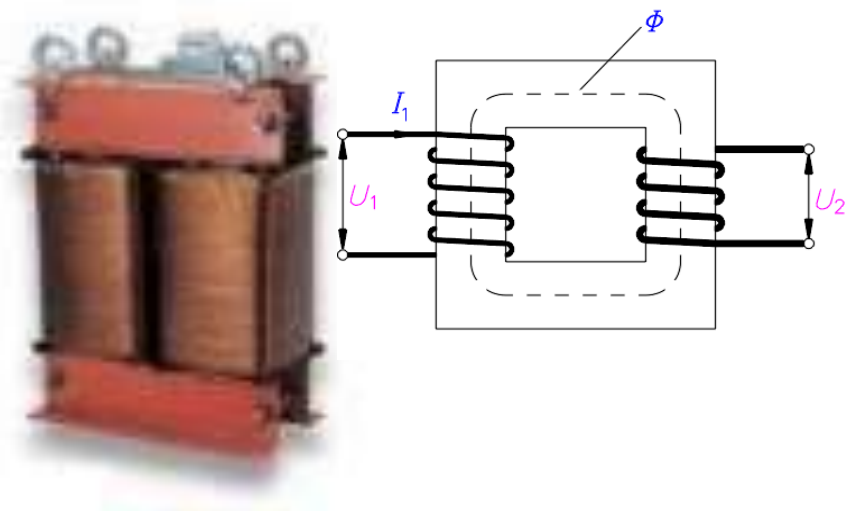
Nedostaci mešanih navoja:

-veći utrošak izolacije

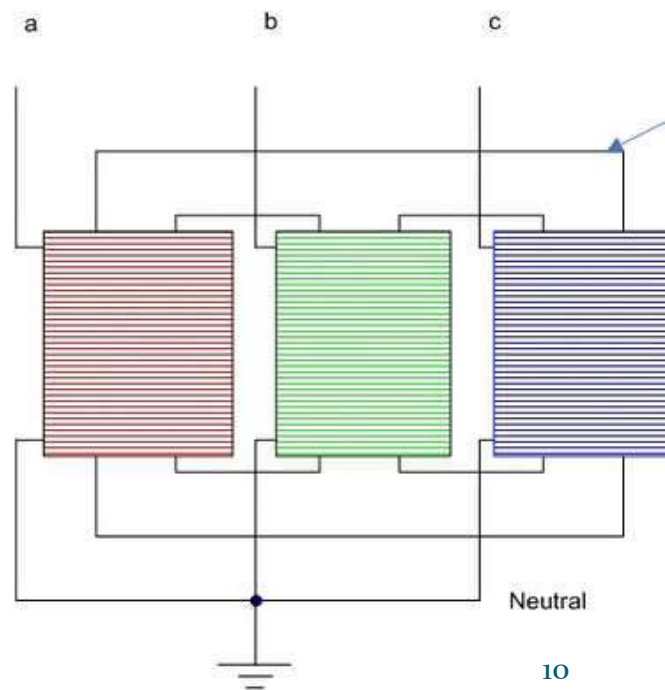
-smanjena sposobnost hlađenja navoja

I Prema broju faza razlikujemo:

1. jednofazne

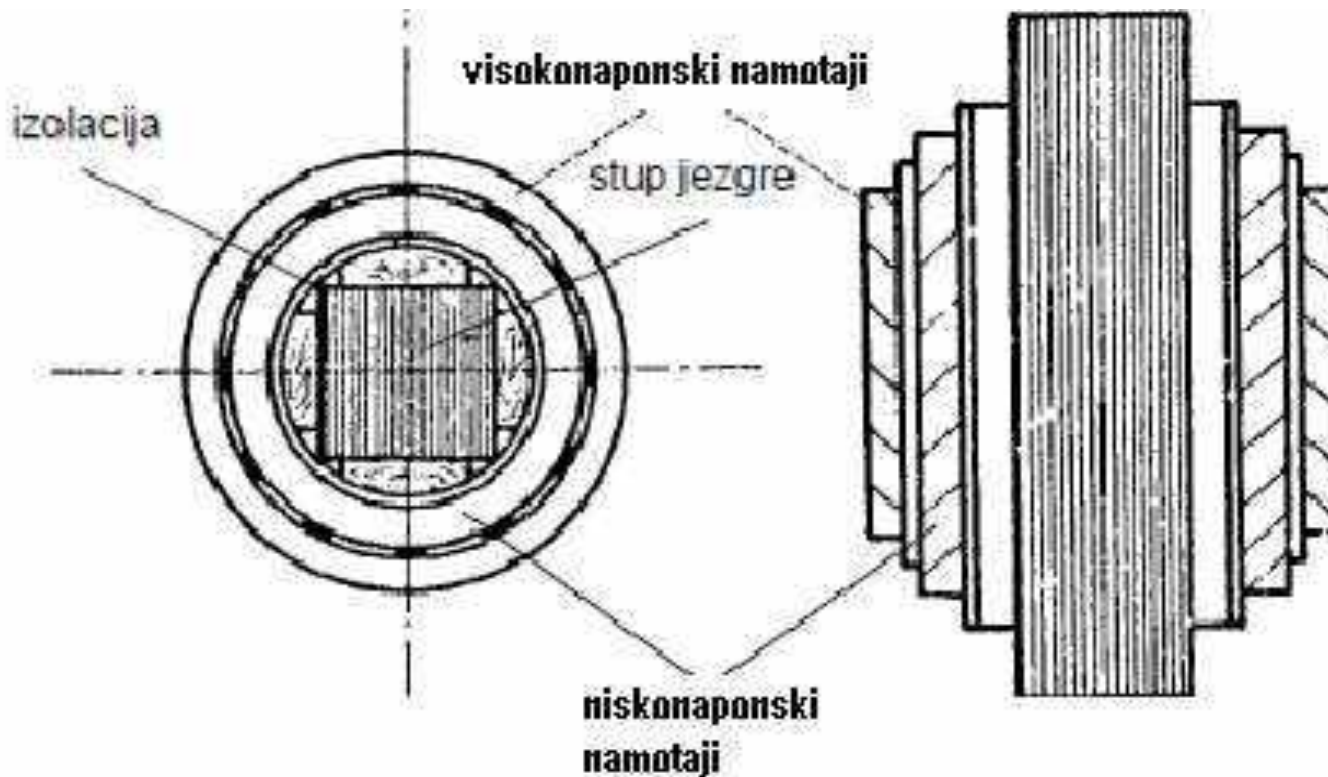


2. trofazne transformatore



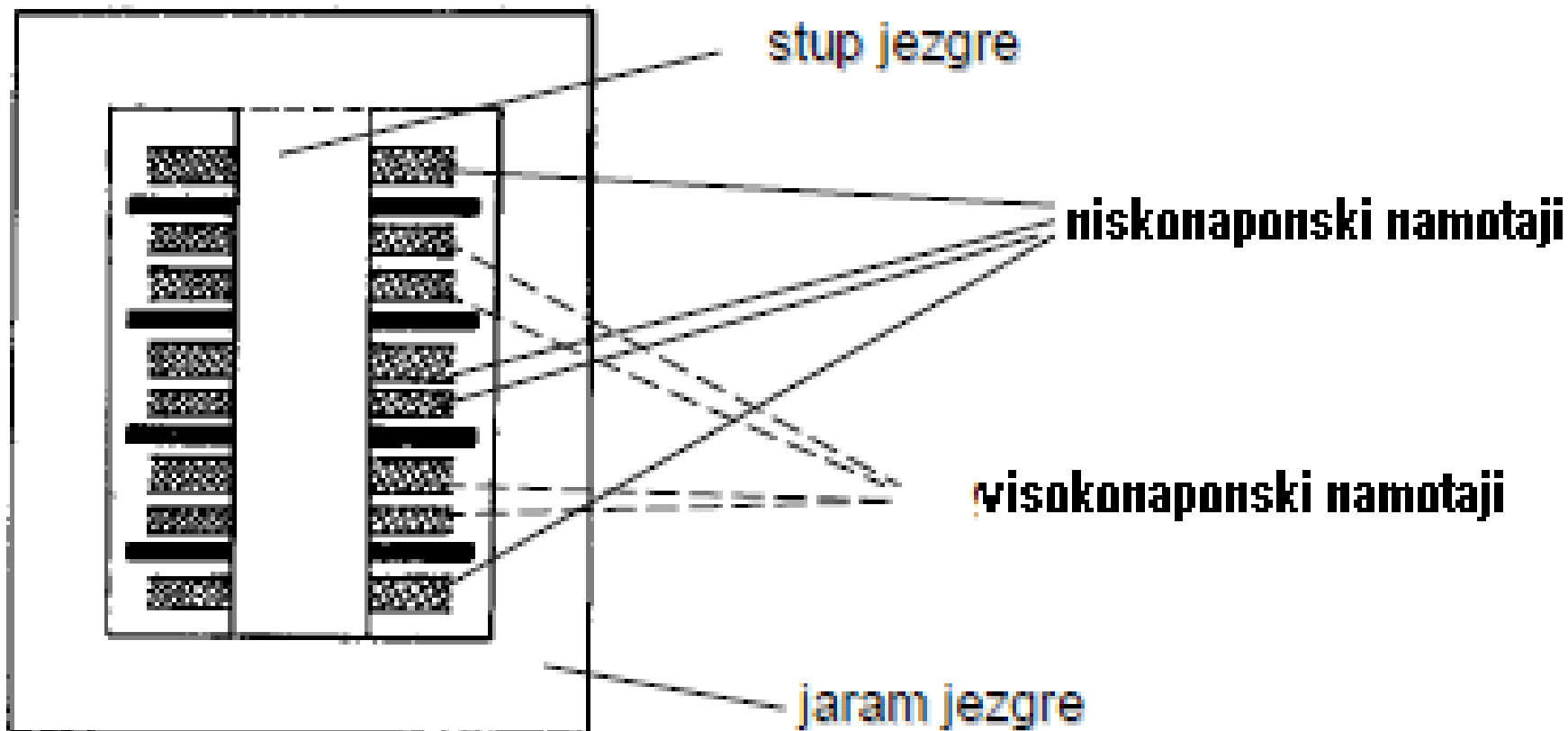
1.3.2 Osnovni elementi i konstrukcija – električno kolo transformatora

- Koncentrični namotaji kod stubastih TR



1.3.2 Osnovni elementi i konstrukcija – električno kolo transformatora

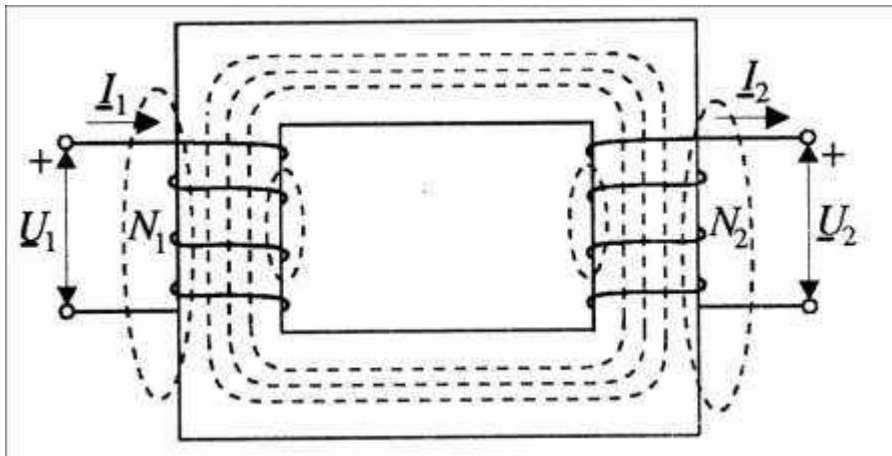
- Mešani namotaji kod ogrnutog tipa TR



1.4 Princip rada transformatora

- Princip rada TR zasniva se na zakonu elektromagnetne indukcije

$$e_1 = -\frac{d\Phi}{dt}$$



-Ako se fluks menja po harmoničnom zakonu

$$\phi = \phi_m \cos \omega t$$

$$\phi_m = B_m S_{Fe}$$

$$E_{1m} = \omega \phi_m$$

$\omega = 2\pi f$ – kružna _ uces tan ost

$$E_{1n} = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} \text{ – efek.vrednost}$$

$$E_{1n} = 4,44 f B_m S_{Fe}$$

- Pogonska stanja transformatora

1.4 Princip rada transformatora

$$E_{1n} = 4,44 f B_m S_{Fe} \quad E_1 = ?$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

- Primarni krug - priključen na napon \underline{U}_1 .
- Pretpostavka: otpor primarnog namota $R_1 = 0$,
vrijedi:

$$\underline{U}_1 = \underline{E}_1$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$



1.4 Osnovne jednačine transformatora

- Ako predpostavimo da transformator nema gubitke(!)
-Snaga koju uzima iz mreže je ista kao snagom koju predaje potrošaču

$$S_1 = S_2 \Rightarrow P_1 = P_2$$

- Prividne snage:

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$



Primer

- Transformatorsko jezgro ima kvadratni presek stranice 2cm. Primarni navoj je projektovan za napon 230V a sekundarni za 110V. Ako je maksimalna vrednost gustine fluksa na preseku 1T i frekvencija 50Hz, izračunati broj navojaka primara i sekundara.

1.5 Svođenje sekundarnih veličina na primarnu stranu

Broj namotaja primara i sekundara može biti veoma različit. Upravo zbog toga su različite struje, ems, omski i induktivni otpori...

Tako na primer kod transformatora 10/0,4KV prenosni odnos je $m=25$

Velike razlike u dužini vektora napona i struja na primarnoj i sekundarnoj strani otežavaju tačnost crtanja vektorskih dijagrama.

Biramo drugu razmeru za sekundarne veličine.



Za napon uvodimo
smenu:

$$m = \frac{U_1}{U_2} / : m$$

$$U_1 = U'_2$$

$$m = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow U_1 = U_2 \frac{N_1}{N_2}$$

$$U'_2 = U_2 \frac{N_1}{N_2} = mU_2 \quad \text{sekundarni napon sveden na primarnu stranu}$$

Za struju imamo: $U'_2 I'_2 = U_2 I_2$

$$I'_2 = U_2 I_2 / U'_2 = I_2 / m$$

Za otpor imamo: $R'_2 I'^2_2 = R_2 I^2_2$, $R'_2 I'^2_2 = \frac{R_2 I^2_2}{I^2_2} = m^2 R_2$



1.6 Gubici snage u transformatoru i stepen iskorišćenja

- U TR postoje dve vrste gubitaka snage i to magnetni i električni gubici.

Gubici snage u Fe:

-Gubici usled histerezisa (usled naizmenicnog magnecenja magnetnog kola)

Štajmencov obrazac

$$P_H = \eta f m B_m^2$$

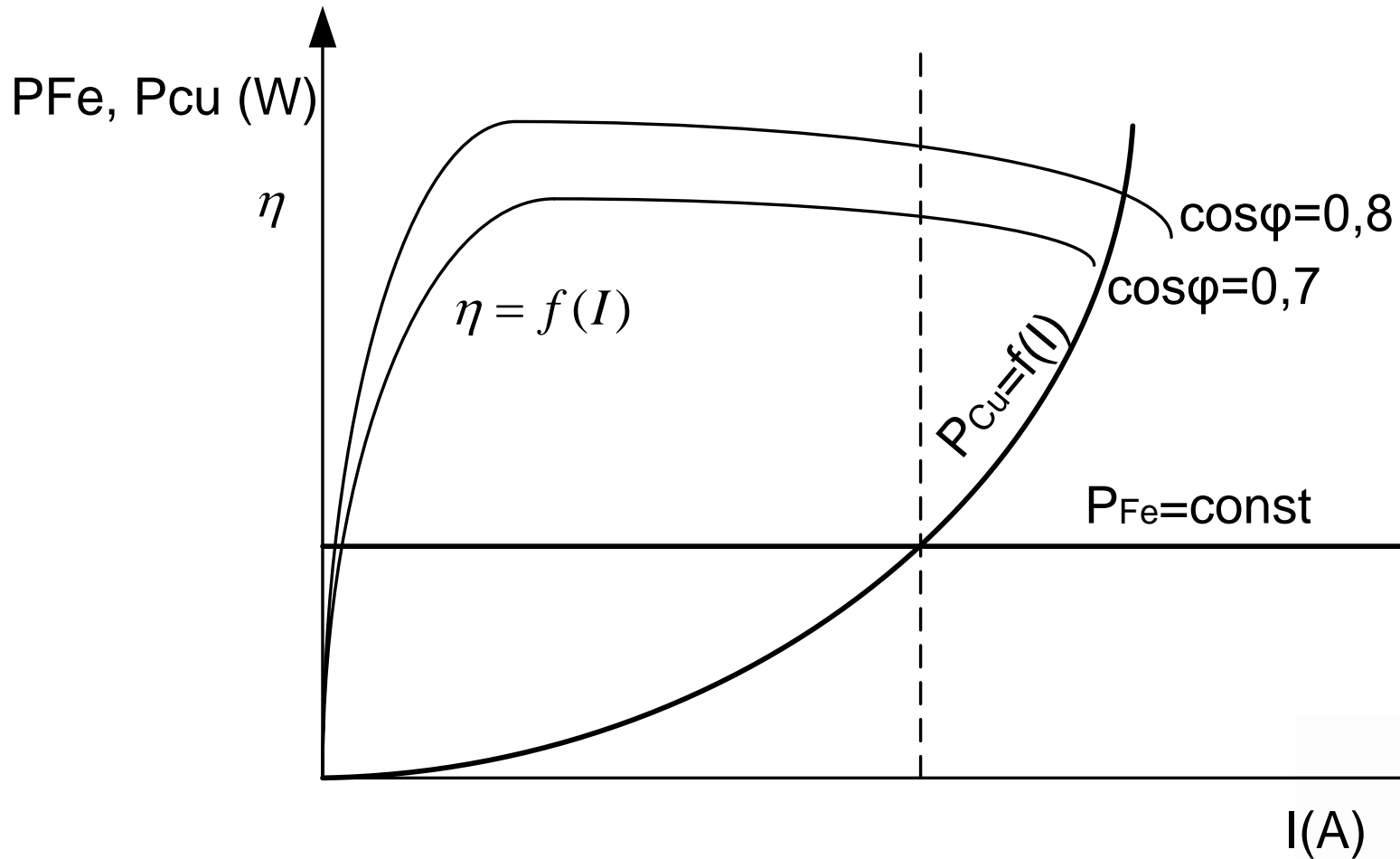
-Gubici usled vihornih struja $P_F = \sigma f^2 m B_m^2$

Prema tome ukupni gubici u Fe su?

Gubici u Cu?



1.6 Gubici snage u transformatoru i stepen iskorišćenja

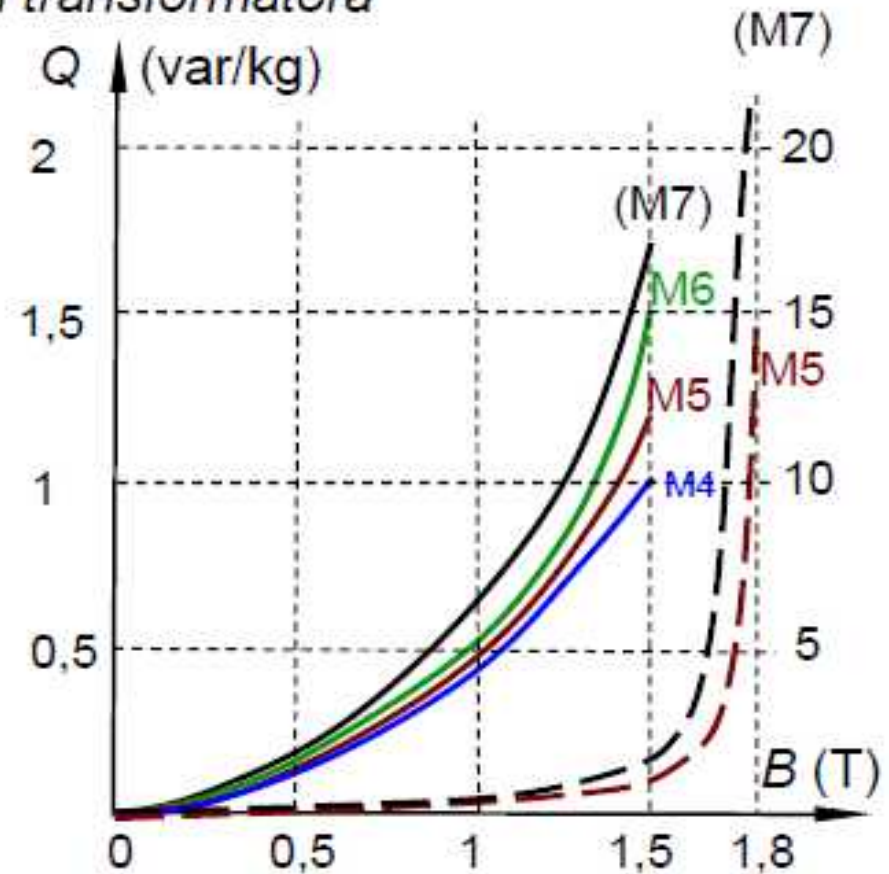
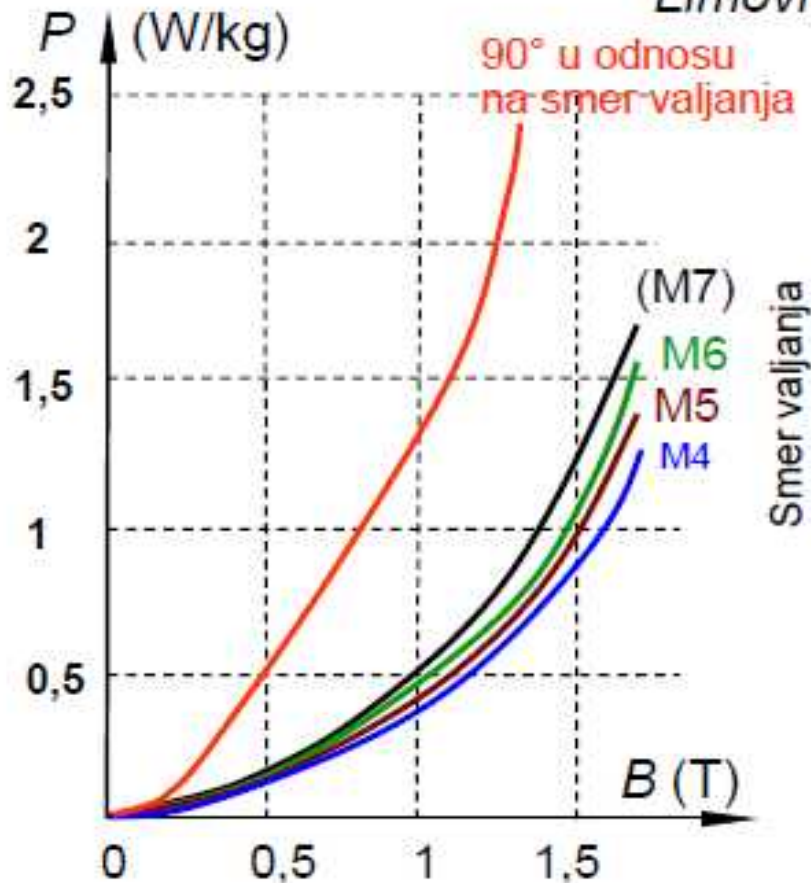


1.6.1 Gubici snage u gvožđu

SNAGA GUBITAKA

Gubici u gvožđu transformatora su gubici praznog hoda.

Limovi novih transformatora



Dijagram snage gubitaka i snaga magnećenja po jedinici mase feromagnetnog materijala.

1.6.2 Gubici snage u bakru

1. Džulovi gubici u namotajima.

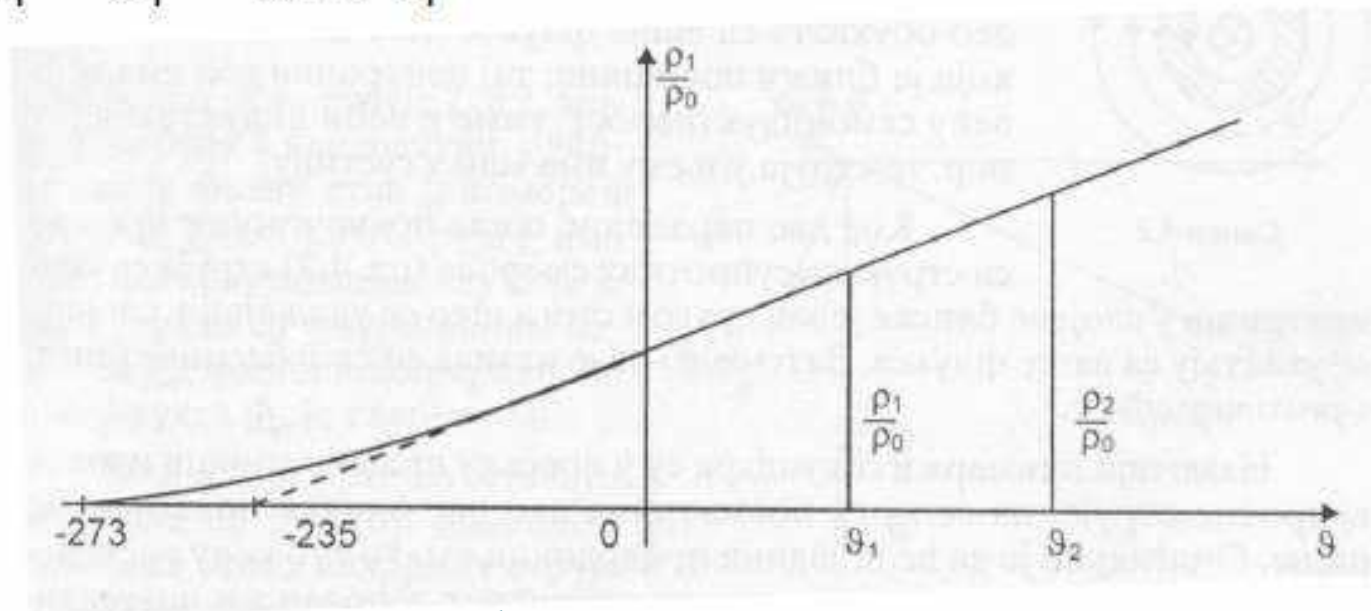
$$P_g = \sum RI^2 = \sum \rho \frac{l}{S} I^2$$

STRUJA JE JEDNOSMERNAAA!!!

Ovi gubici zavise od materijala (**bakar** - aluminijum) i temperature.

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{235 + \vartheta_2}{235 + \vartheta_1}$$

Formula za preračunavanje otpornosti na odgovarajuću temperaturu.



1.6.3 Stepen iskorišćenja transformatora

Korisnost transformatora je odnos predane i primljene aktivne snage izražen u %.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Sigma P_g} = \frac{P_1 - \Sigma P_g}{P_1}$$

Današnji najveći transformatori postižu $\eta=99,80\%$.

Ako se definiše relativno opterećenje:

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2n}} = \frac{U_{2n} \cdot I_2}{U_{2n} \cdot I_{2n}} = \frac{S_2}{S_n}$$

I uvaži da je:

$$P_2 = S \cos \varphi = \beta \cdot S_n \cos \varphi$$