

ELEKTRIČNE MAŠINE 2

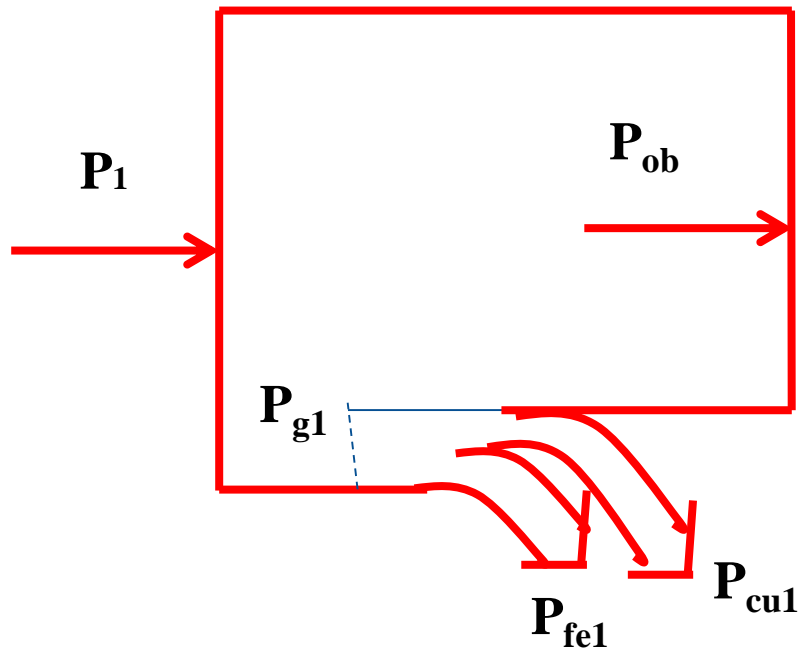
II/2 deo- Asinhronne mašine



2.7. GUBICI SNAGE I STEPEN ISKORIŠĆENJA

Iz mreže na koju je priključen stator uzima električnu snagu:

$$P_1 = q_1 U_{1f} I_{1f} \cos\varphi$$



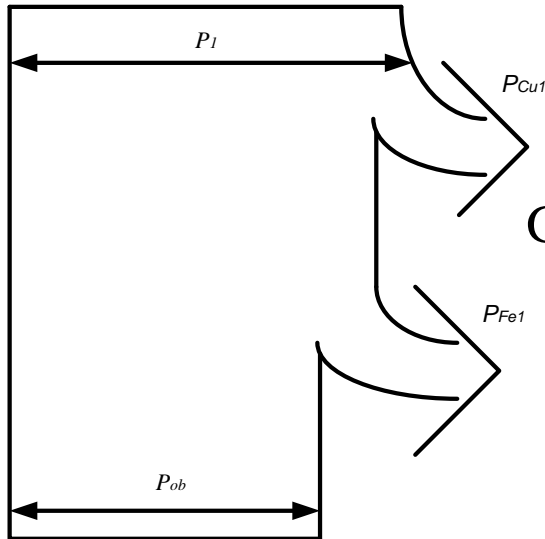
Snaga P_1 se delimično troši u statoru na gubitke u bakru P_{cu1} i na gubitke snage u gvožđu P_{Fe1} .



2.7. GUBICI SNAGE I STEPEN ISKORIŠĆENJA

Aktivna (utrošena) snaga:

$$P_1 = q_1 U_{1f} I_{1f} \cos \varphi$$



Korisna snaga: $P = P_1 - \sum P_\gamma$

Gubici u obrtno magnetno polje:

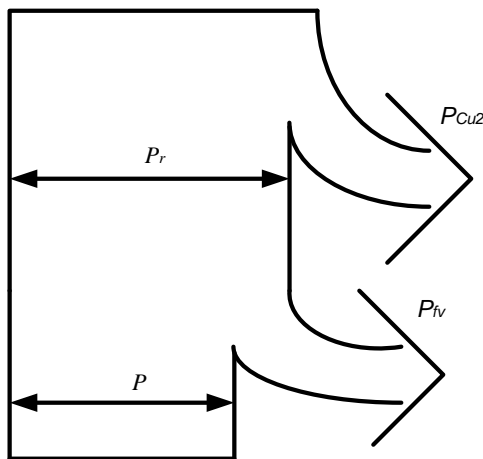
$$P_{ob} = 3 \frac{R_2 I_{f2}^2}{s} = \frac{P_{Cu2}}{s}$$

Gubici u Cu rotora:

$$P_{Cu2} = 3 R_2 I_{f2}^2$$

Mehanička snaga rotora:

$$P_{meh} = P_r = P_{ob} - P_{Cu2}$$



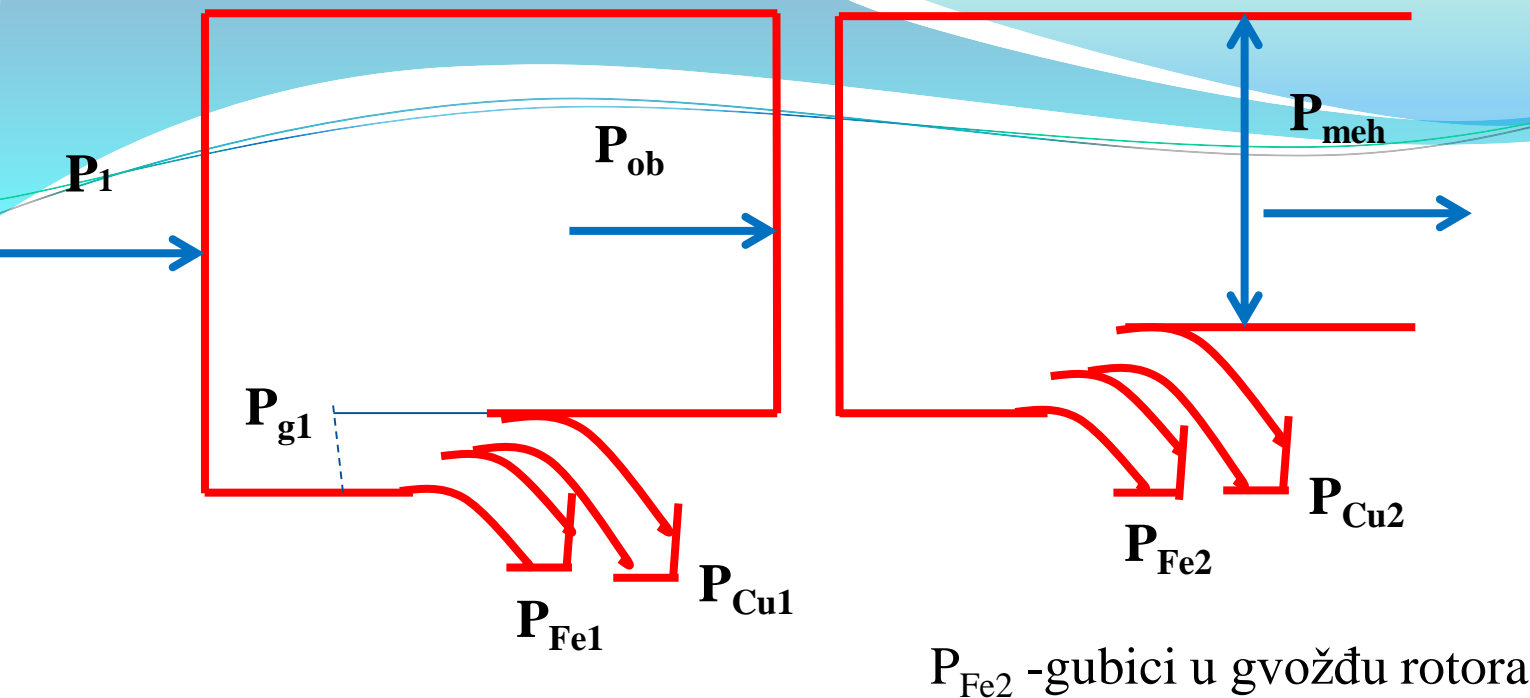
$$P_r = q \frac{R_2}{s} I_{f2}^2 - q R_2 I_{f2}^2 = q R_2 \frac{1-s}{s} I_{f2}^2$$

$$P_r = \frac{1-s}{s} P_{Cu2}$$

$$P_{ob} = \frac{P_r}{1-s}$$

$$P_{ob} : P_r : P_{Cu2} = 1 : (1-s) : s$$





P_{Fe2} -gubici u gvožđu rotora

P_{cu2} -gubici u bakru rotora

mehanička snaga rotora: $P_{meh} = P_{ob} - P_{cu2} - P_{Fe2}$

Gubici u gvožđu rotora pri nominalnom radu motora zanemarljivo su mali

$$P_{meh} = P_{ob} (1 - s)$$

$$P_{cu2} = sP_{ob}$$



$$P_{\text{meh}} = P_{\text{ob}} (1 - s)$$

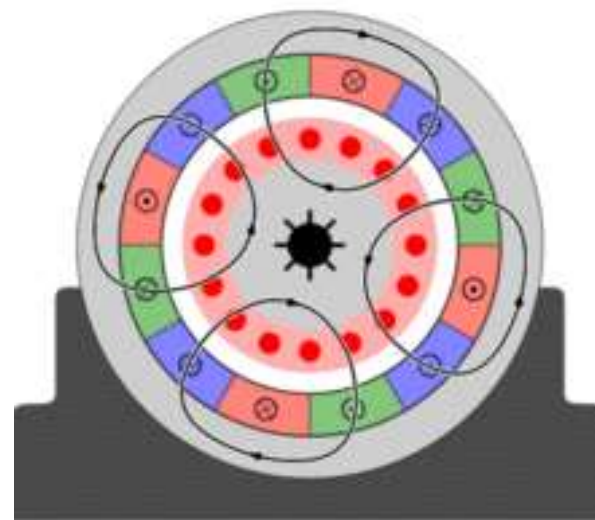
$$P_{\text{cu2}} = sP_{\text{ob}}$$

Da bi rotorski gubici bili što manji a mehanička snaga što veća potrebno je motor napraviti tako da kod nominalnog opterećenja relativno klizanje bude što manje (samo nekoliko procenata).

U svakom asinhronom motoru pored navedenih gubitaka javljaju se još i mehanički P_f i dodatni P_d gubici.



Trofazni namot statora preko priključne kutije priključuje se na naizmenični napon.



Trofazna struja statora stvara obrtno magnetno polje koje se obrće sinhronom brzinom:

$$n' = \frac{60 * f'}{p} \left[\frac{\text{obrtaja}}{\text{min}} \right]$$

f' – učestalost struje statora

p' – broj pari polova mašine



Ako se rotor slobodno okreće, tj na njegovom vratilu nema opterećenja (protivmomenta), imaće svoju najveću brzinu: **n_0 – brzina praznog hoda**

$$n_0 \approx n'$$

Kada se rotor optereti kakim spoljnjim protivmomentom njegova brzina će se smanjiti u odnosu na brzinu n_0

Smanjenjem brzine u provodnicima rotora indukuje se veći napon koji daje jaču struju koja je potrebna za razvijanje većeg obrtnog momenta.



Klizanje i učestalost u rotoru

Razlika između sinhronne brzine (n') i brzine obrtanja rotora (n) naziva se **apsolutno klizanje** (n''):

$$n'' = n' - n$$

Ako motor radi u praznom hodu brzina rotora približno je jednaka sinhronoj brzini

$$n = n_0 = n'$$

pa je $n'' = 0$

Kod nominalnog opterećenja smanjuje se brzina rotora u odnosu na brzinu praznog hoda a povećava se apsolutno klizanje.



Kada se rotor zakoči $n=0 \Rightarrow n''=n'$

Relativno klizanje je odnos apsolutnog klizanja i sinhronne brzine:

$$s = \frac{n''}{n'} = \frac{n' - n}{n'} = \left(1 - \frac{n}{n'}\right) * 100\%$$

Relativno klizanje može se menjati u granicama od $s=0$ (režim praznog hoda) do $s=1$ (režim kratkog spoja)

Nominalnom opterećenju motora odgovara nominalno relativno klizanje s_n

(kod motora snage od 1kW do 1000kW s_n je od 8% do 1%)



Kod **asinhronog generatora** rotor se okreće u istom smeru kao i obrtni fluks statora, ali većom brzinom od sinhronne, pri čemu je **relativno klizanje negativno**.

Kod asinhronne kočnice rotor se okreće u suprotnom smeru od obrtnog fluksa ($s > 0$)



Učestalost u rotoru (f'') zavisi od brzine kojom obrtni fluks preseca provodnike rotora.

Kada rotor stoji, ta brzina presecanja ista je za provodnike i rotora i statora i tada je:

$$f' = f''$$

U toku rada motora rotor se okreće brzinom n a obrtni fluks preseca provodnike rotora brzinom koja je jednaka apsolutnom klizanju:

$$n' - n = n''$$



$$n' = \frac{60 f'}{p} \Rightarrow f' = \frac{n' p}{60}$$

$$n'' = \frac{60 f''}{p} \Rightarrow f'' = \frac{n'' p}{60}$$

$$f'' = \frac{(n' - n) p}{60}$$

$$s = \frac{n' - n}{n'} \Rightarrow n' - n = s n'$$

$$f'' = \frac{s n' p}{60}$$

$$f'' = s f'$$

Red veličine učestalosti u rotoru je svega nekoliko herca.

npr. ako je $s=4\%$, $f'=50$ Hz

$$f'' = s f' = 0,004 * 50 = 2 \text{ Hz}$$



Važna posledica male rotorske učestalosti je da su gubici snage u gvožđu rotora koji zavise od kvadrata učestalosti tako mali da se u svakom slučaju mogu zanemariti!

Brzina rotora (n)

$$s = \frac{n' - n}{n'} \Rightarrow n' - n = sn'$$

$$-n = sn' - n'$$

$$n = n' - sn'$$

$$n = n'(1 - s)$$

$$n = \frac{60 f'}{p} (1 - s)$$



Obrtni momenat asinhronog motora

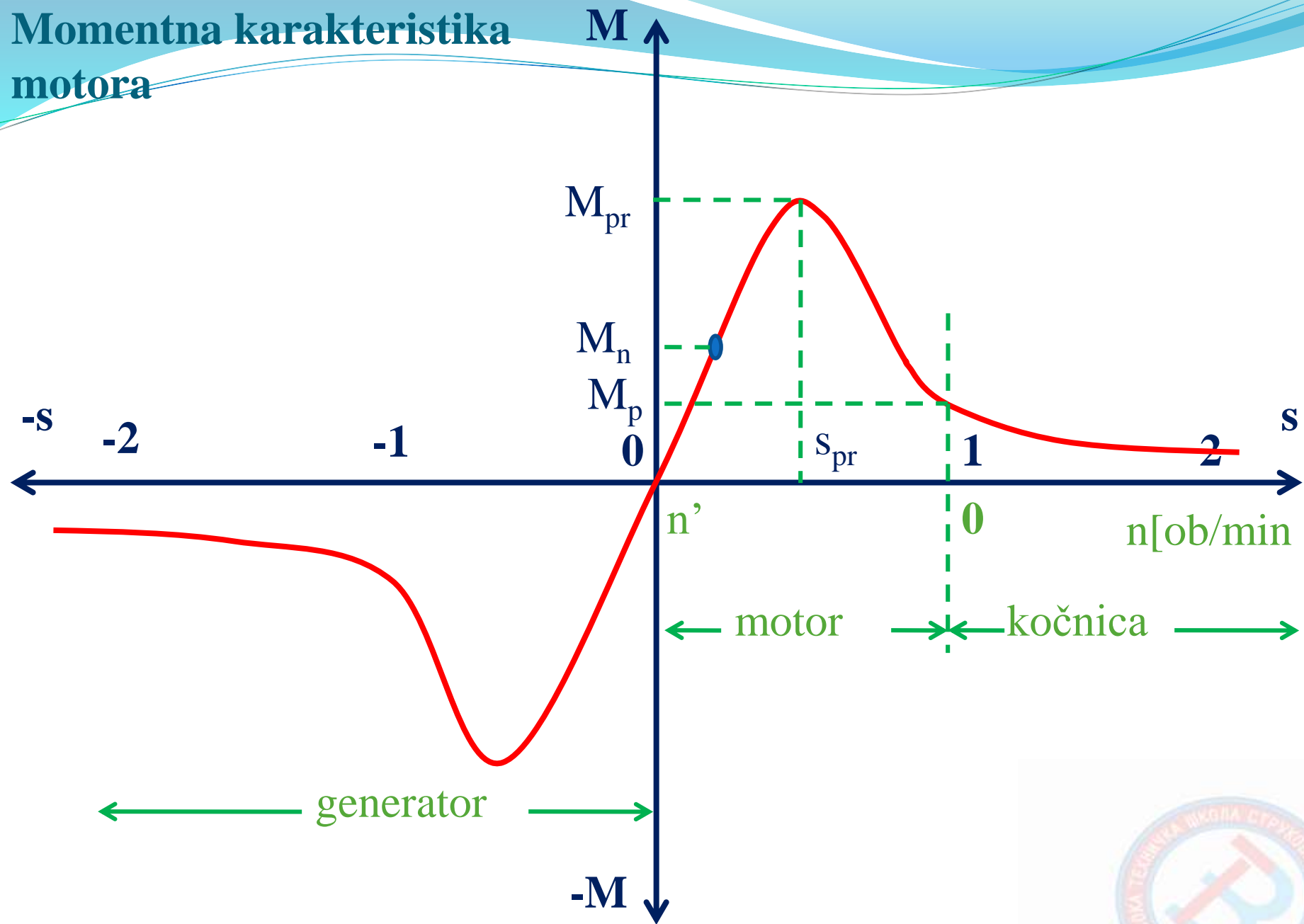
je momenat elektromagnetnih sila koji deluje na provodnike rotora pod uticajem obrtnog polja.

$$M = P/\omega$$

Kriva linija koja predstavlja grafičku zavisnost obrtnog momenta od klizanja naziva se mehanička karakteristika asinhronne mašine.



Momentna karakteristika motora



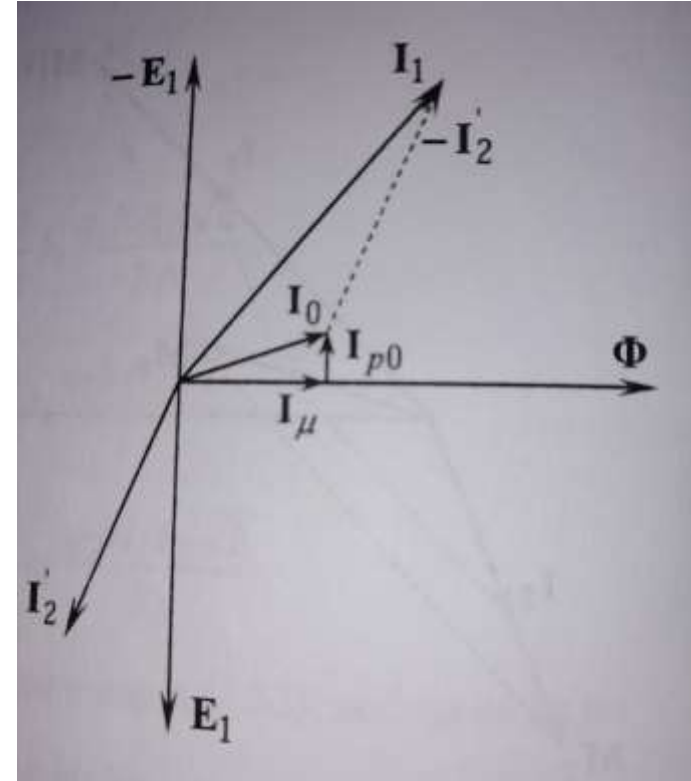
2.8. MAGNETOPOBUDNE SILE I STRUJE

$$\mathbf{M}_0 = \mathbf{M}_1 + \mathbf{M}_2$$

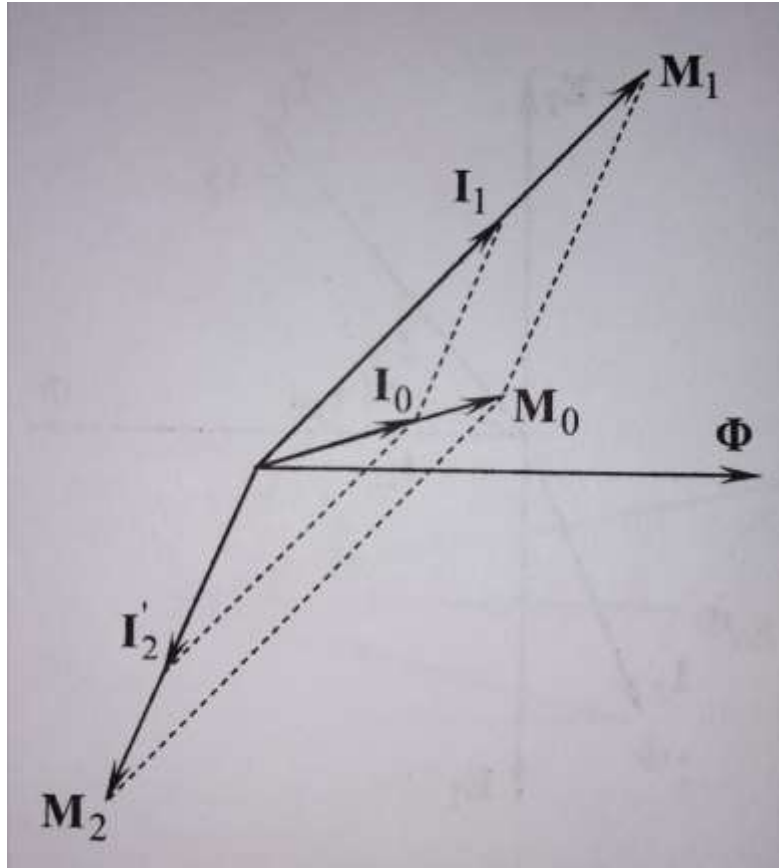
$$\mathbf{M}_0 = \frac{2}{\pi} k_1 \frac{q_1 N_1 \mathbf{I}_0 \sqrt{2}}{2p},$$

$$\mathbf{M}_1 = \frac{2}{\pi} k_1 \frac{q_1 N_1 \mathbf{I}_1 \sqrt{2}}{2p},$$

$$\mathbf{M}_2 = \frac{2}{\pi} k_2 \frac{q_2 N_2 \mathbf{I}_2 \sqrt{2}}{2p}.$$



2.8. MAGNETOPOBUDNE SILE I STRUJE



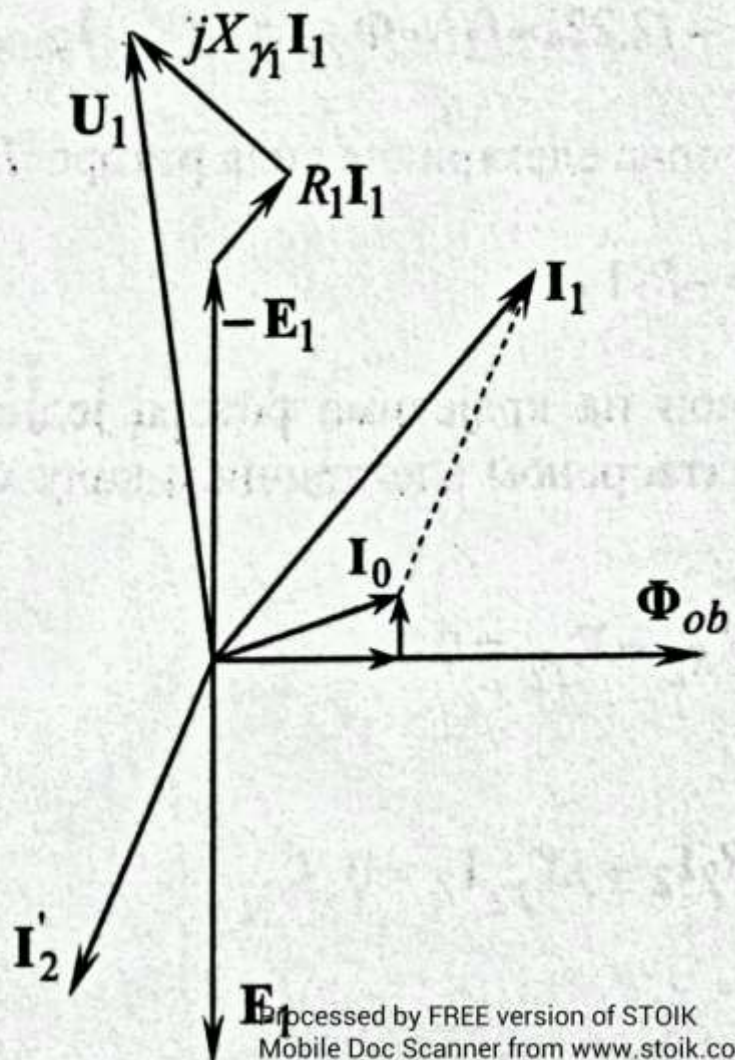
$$I_0 = I_1 + \frac{k_2 q_2 N_2}{k_1 q_1 N_1} I_2$$

$$I_0 = I_1 + I_2'$$



2.9. VEKTORSKI DIJAGRAM ELEKTRIČNIH SILA

$$u + e + e_R + e_\gamma = 0$$



U statoru A.M. postoje sledeće električne sile:

- napon mreže U_1 ,
- zajednička električna sila E_1 ,
- električna sila rasutog fluksa statora,
- elektrootporna sila statora.

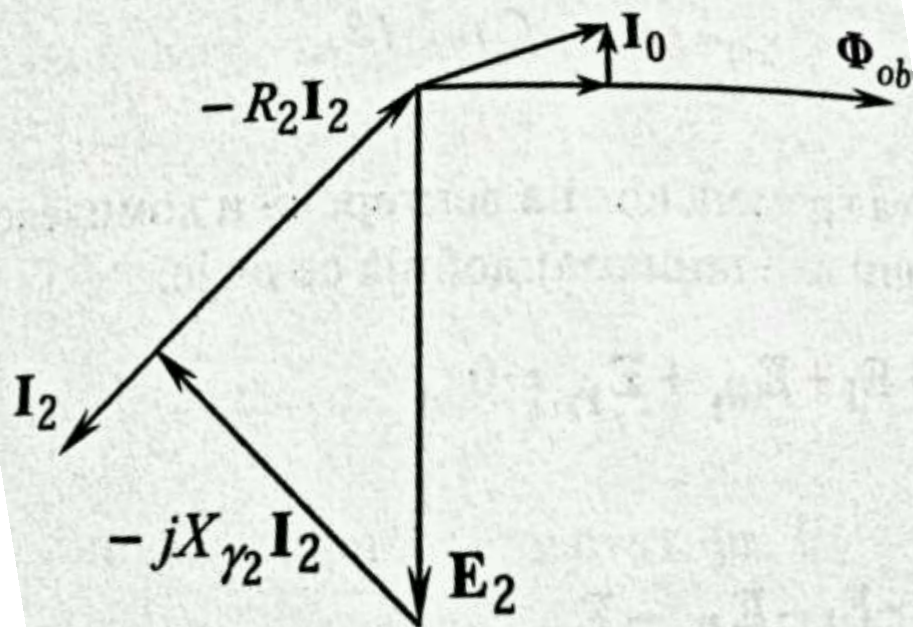
$$U_1 + E_1 + E_{R_1} + E_{\gamma_1} = 0$$

$$U_1 = -E_1 - E_{R_1} - E_{\gamma_1}$$

$$U_1 = -E_1 + R_1 I_1 + jX_{\gamma_1} I_1$$

2.9. VEKTORSKI DIJAGRAM ELEKTRIČNIH SILA

$$E_2 - R_2 I_2 - jX_{\gamma 2} I_2 = 0$$



Processed by FREE version of STOIK
Mobile Doc Scanner from www.stoik.com

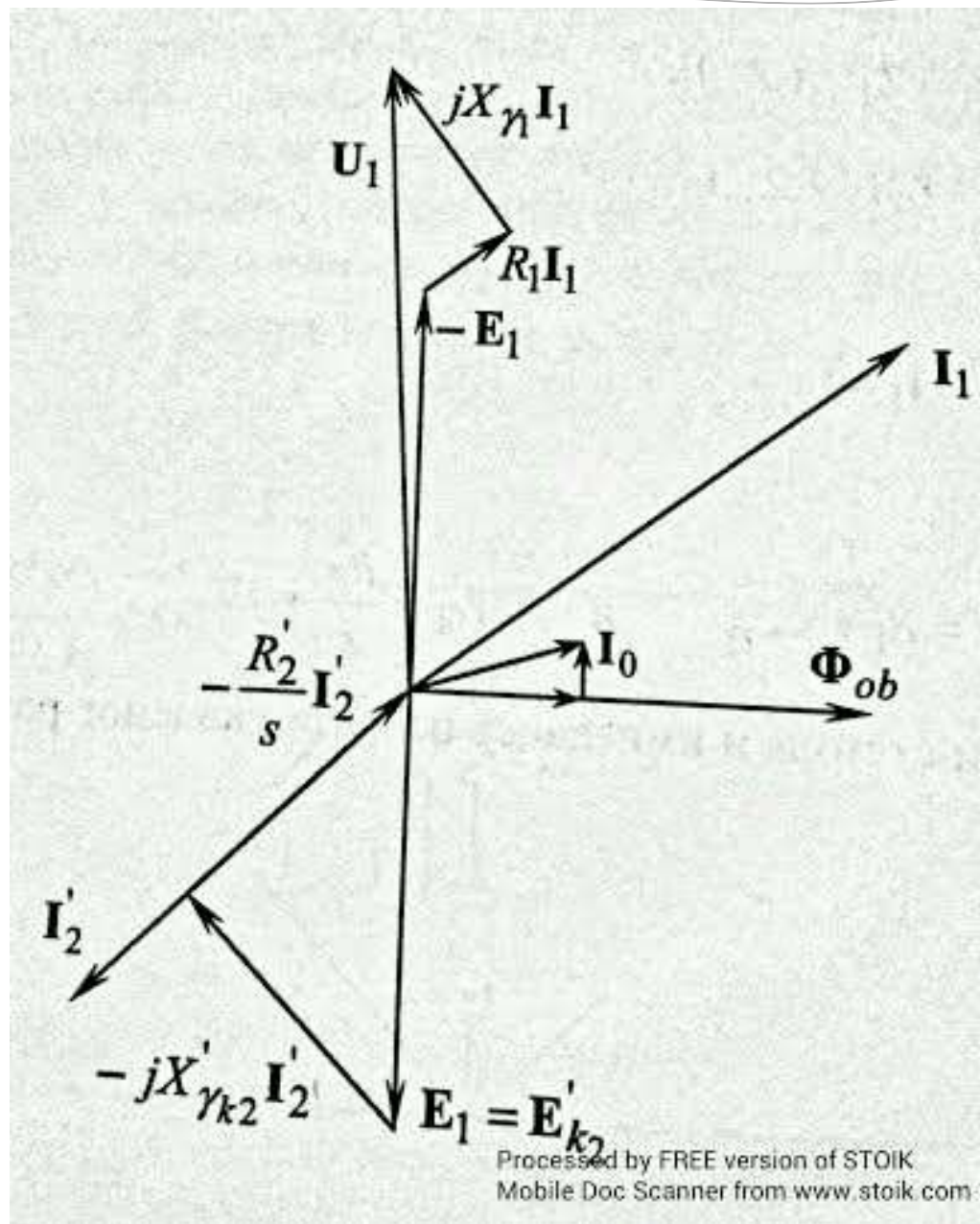
$$E_2 + E_{R_2} + E_{\gamma 2} = 0$$

$$E_2 - R_2 I_2 - jX_{\gamma 2} I_2 = 0$$

Processed by FREE version of STOIK
Mobile Doc Scanner from www.stoik.com

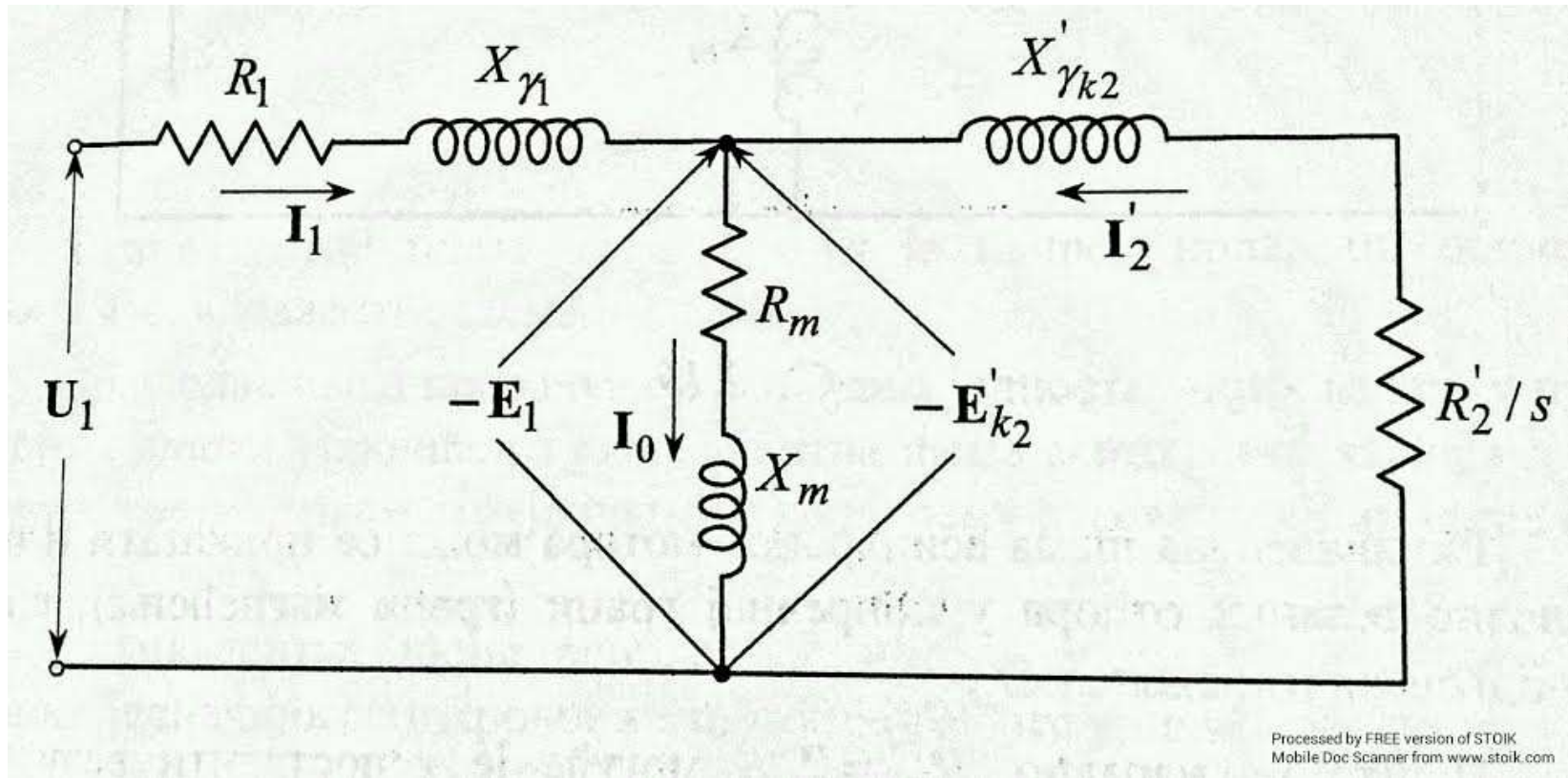


2.9. VEKTORSKI DIJAGRAM ELEKTRIČNIH SILA



2.10. EKVIVALENTNA ŠEMA ASINHRONIH MOTORA

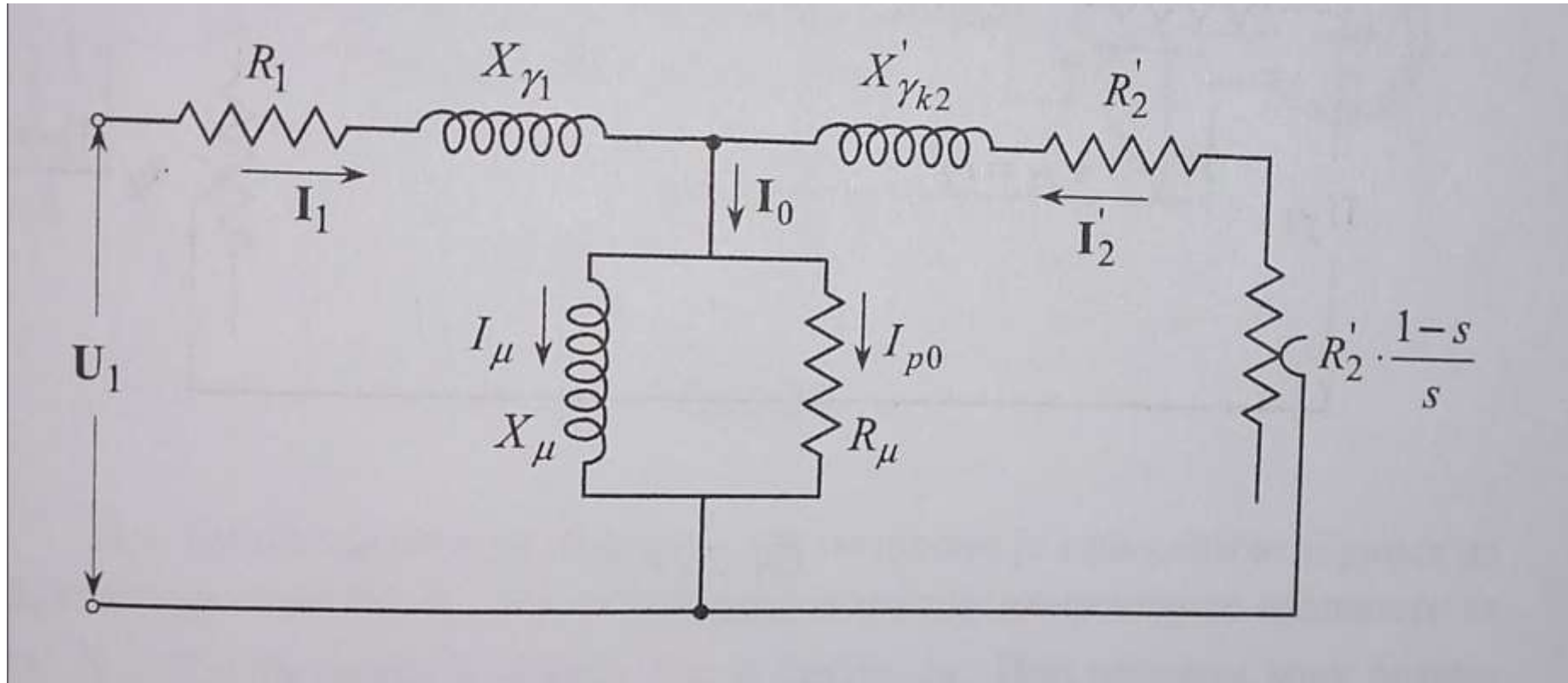
Kao kod transformatora tako i kod asinhronih motora magnetne sprege izmedju pojedinih kola, se mogu zameniti električnim vezama.



Processed by FREE version of STOIK
Mobile Doc Scanner from www.stoik.com



2.10. EKVIVALENTNA ŠEMA ASINHRONIH MOTORA

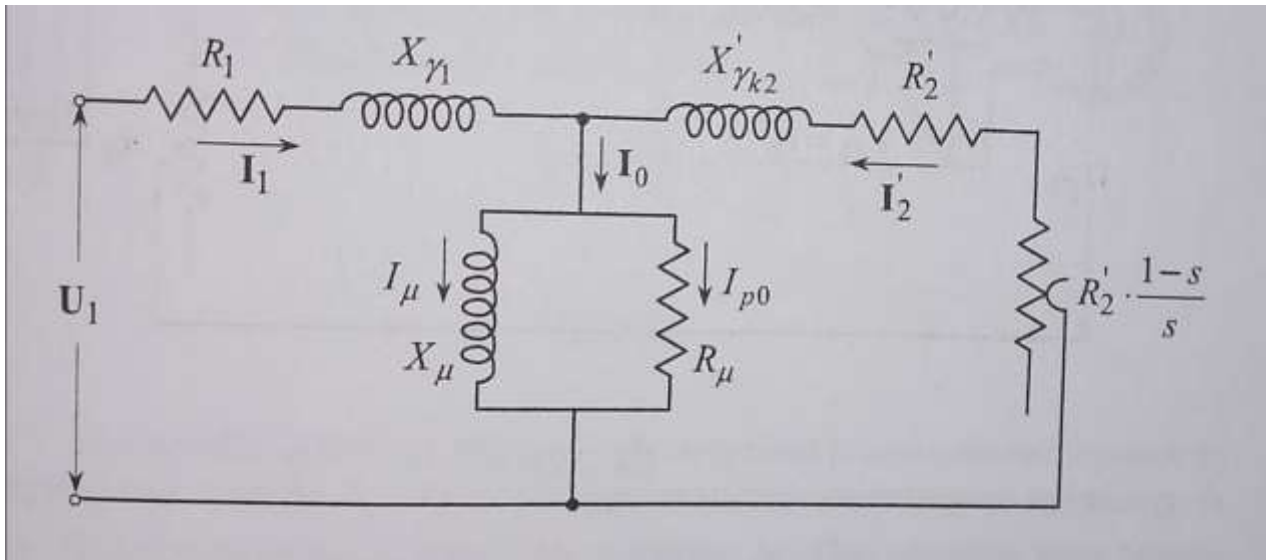


2.10. EKVALENTNA ŠEMA ASINHRONIH MOTORA

$$R_m + jX_m = \frac{R_\mu jX_\mu}{R_\mu + jX_\mu}$$

$$R_m + jX_m = \frac{R_\mu X_\mu^2}{R_\mu^2 + X_\mu^2} + j \frac{R_\mu^2 X_\mu}{R_\mu + jX_\mu}$$

$$R_m = \frac{R_\mu X_\mu^2}{R_\mu^2 + X_\mu^2} \qquad X_m = \frac{R_\mu^2 X_\mu}{R_\mu + jX_\mu}$$



Stepen iskorišćenja snage

je količnik korisne mehaničke snage i utrošene električne snage:

$$\eta = \frac{P''}{P'}$$

$$\eta = \frac{P' - \sum P_g}{P'}$$

$$\sum P_g = P_{Cu}' + P_{Fe}' + P_{Cu}'' + P_f + P_d$$

$$\eta = 1 - \frac{\sum P_g}{P'}$$

