

SINHRONE MAŠINE

III/2 DEO



5. MAGNETNA REAKCIJA INDUKTA

Postoji: -MPS rotora koja potiče od jednosmerne struje pobudnog namotaja i

-MPS statora, F_a

Ove dve mps zajedno stvaraja zajedničku MPS koja stvara zajednički fluks.

MPS statora deluje povratno na MPS rotora pa se zato naziva **magnetna reakcija indukta F_a**



Kod sinhronih mašina reakcija indukta zavisi od veličine i karaktera opterećenja to jest:

od faznog položaja između struje statora I i ems E_f koji se indukuje u induktu, tj.

Ako ove veličine prikažemo vektorski, reakcija indukta zavisi od ugla Ψ između fazora struje statora i ems statora.

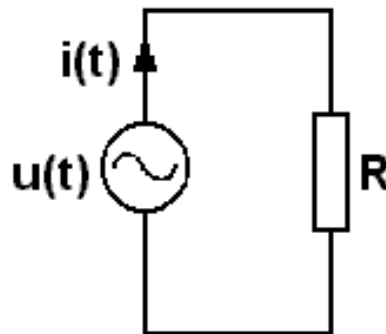


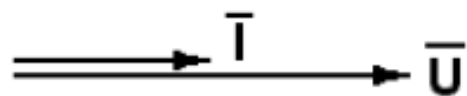
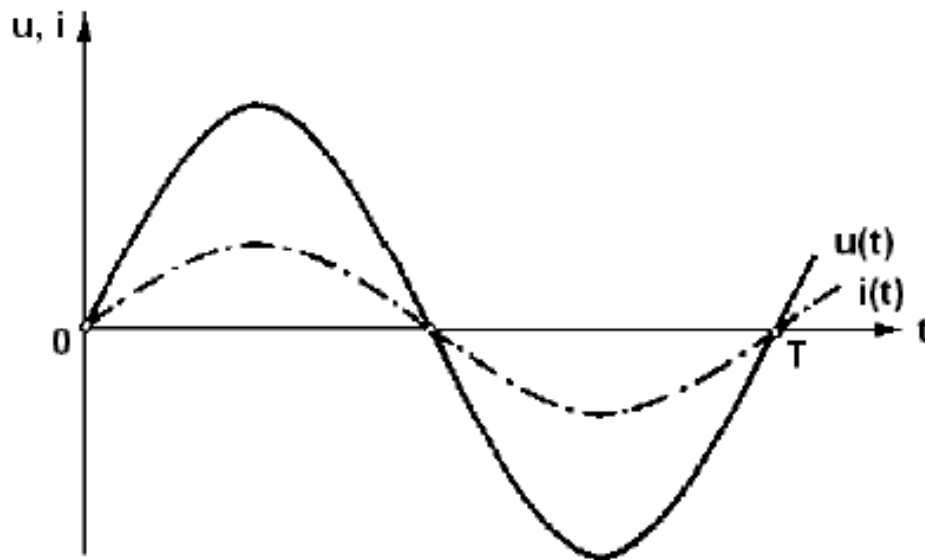
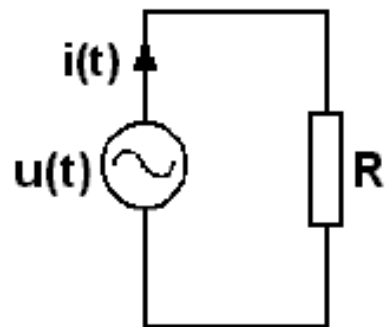
Posmatraćemo rad sinhronne mašine u sledećim slučajevima:

1. kada je opterećenje aktivno, pa su struja I'' i ems E''_f statora u fazi,
 $\Psi=0$
2. kada je opterećenje induktivno, pa struja I'' zaostaje iza napona E''_f
za $1/4$ periode, $\Psi=-\pi/2$
3. kada je opterećenje kapacitivno, pa struja I'' prednjači pred naponom
 E''_f za $1/4$ periode,
 $\Psi= \pi/2$

Radno opterećenje

- Pod radnim opterećenjem podrazumeva se opterećenje koje ne stvara ni magnetsko ni elektrostatičko polje, već samo otporno (omsko) opterećenje.
- Idealno radno opterećenje ne postoji, ali za niske frekvencije takvim opterećenjem mogu se smatrati: obične volframove sijalice, grejači, otpornici.





$$u(t) = U_m \cdot \sin \omega t$$

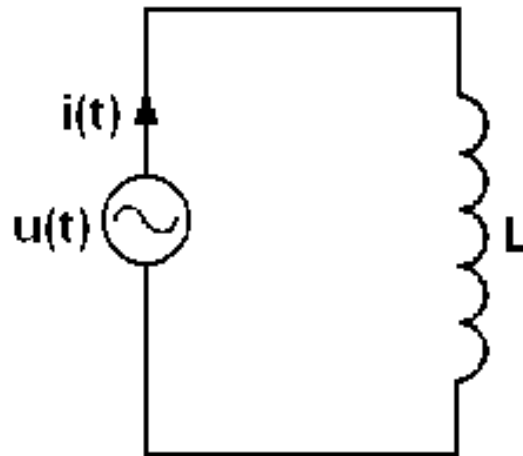
$$i(t) = \frac{u(t)}{R} = \frac{U_m}{R} \cdot \sin \omega t = I_m \cdot \sin \omega t$$

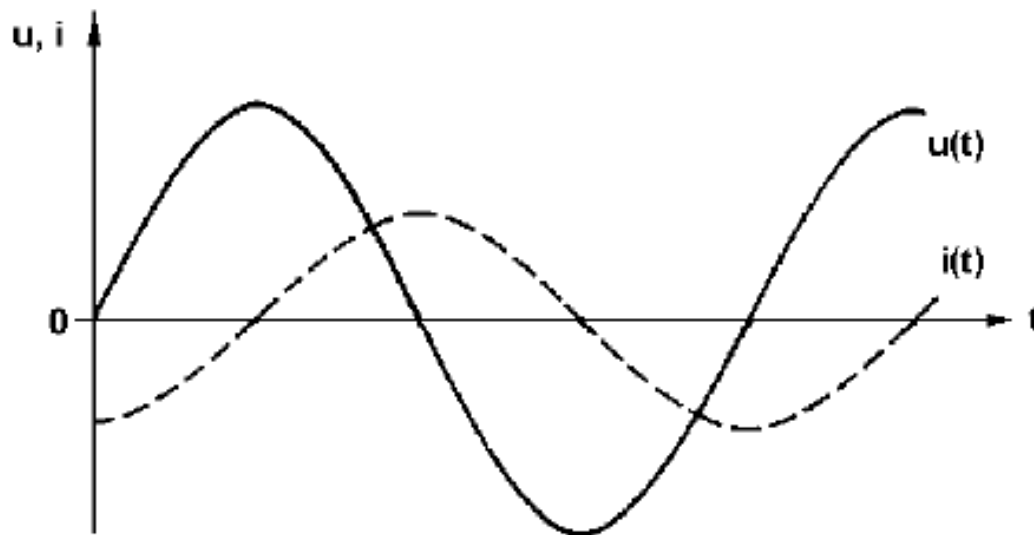
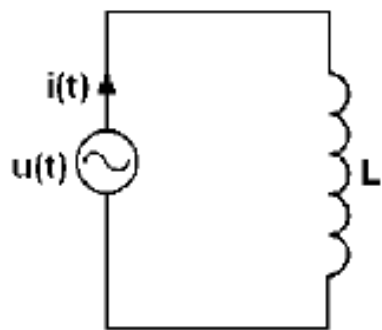
$$\varphi = 0^\circ - 0^\circ = 0^\circ$$



Induktivno opterećenje

- Pod induktivnim opterećenjem podrazumeva se opterećenje koje stvara magnetsko polje.
- Induktivnim opterećenjem mogu se smatrati namoti bez i sa magnetskom jezgrom, releji, elektromotori, transformatori ...





$$u(t) = U_m \cdot \sin \omega t$$

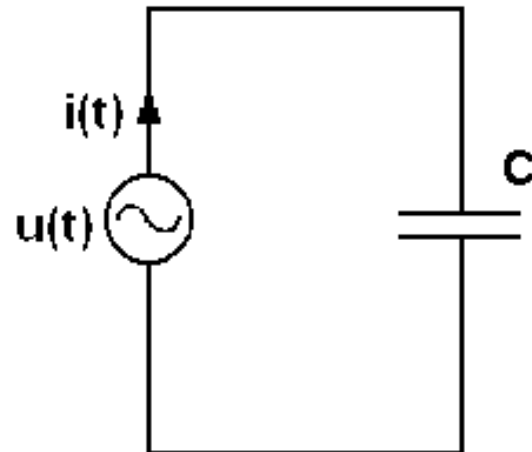
$$i(t) = I_m \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

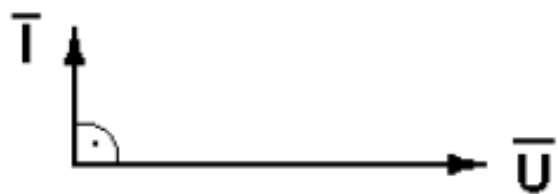
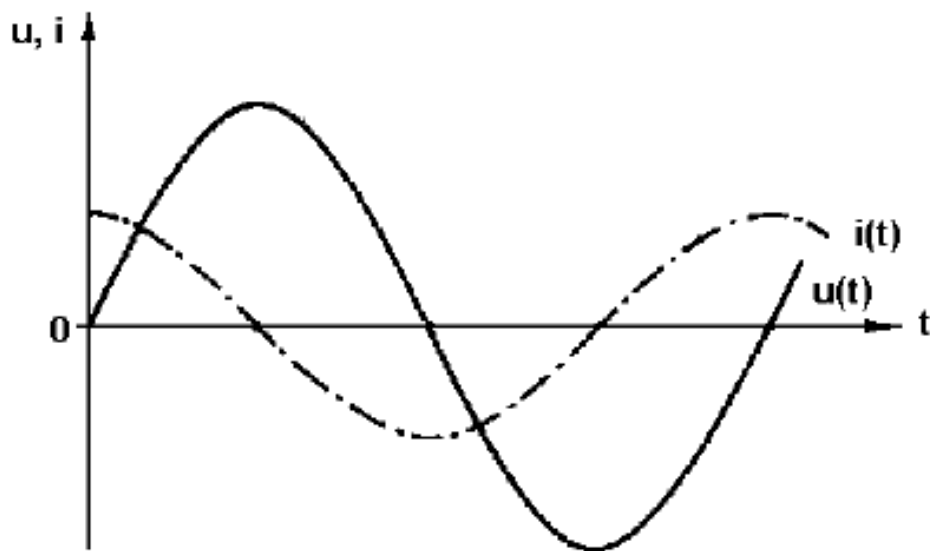
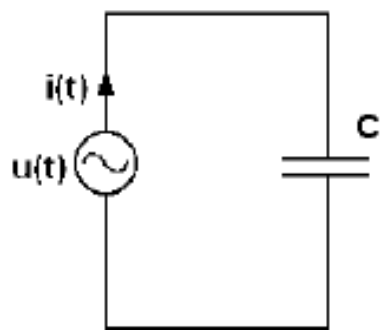
$$\varphi = \alpha_u - \alpha_i = 0^\circ - (-90^\circ) = +90^\circ$$



Kapacitivno opterećenje

- Pod kapacitivnim opterećenjem podrazumeva se opterećenje koje stvara električno polje.
- Kapacitivnim opterećenjem mogu se smatrati kondenzatori, fluorescentne lampe, ali i električni pogoni u posebnim režimima rada.





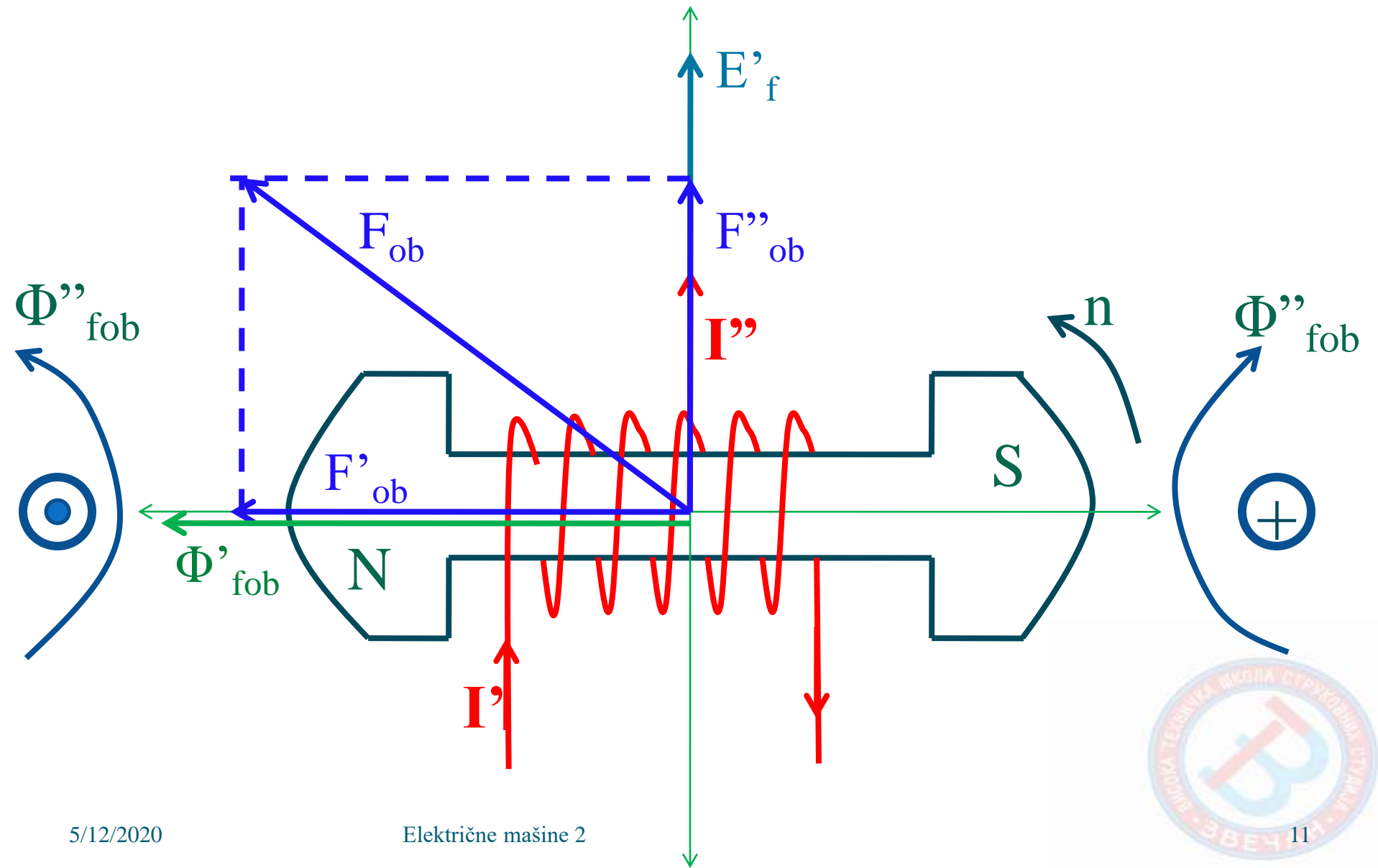
$$u(t) = U_m \cdot \sin \omega t$$

$$i(t) = I_m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\varphi = \alpha_u - \alpha_i = 0^\circ - (90^\circ) = -90^\circ$$



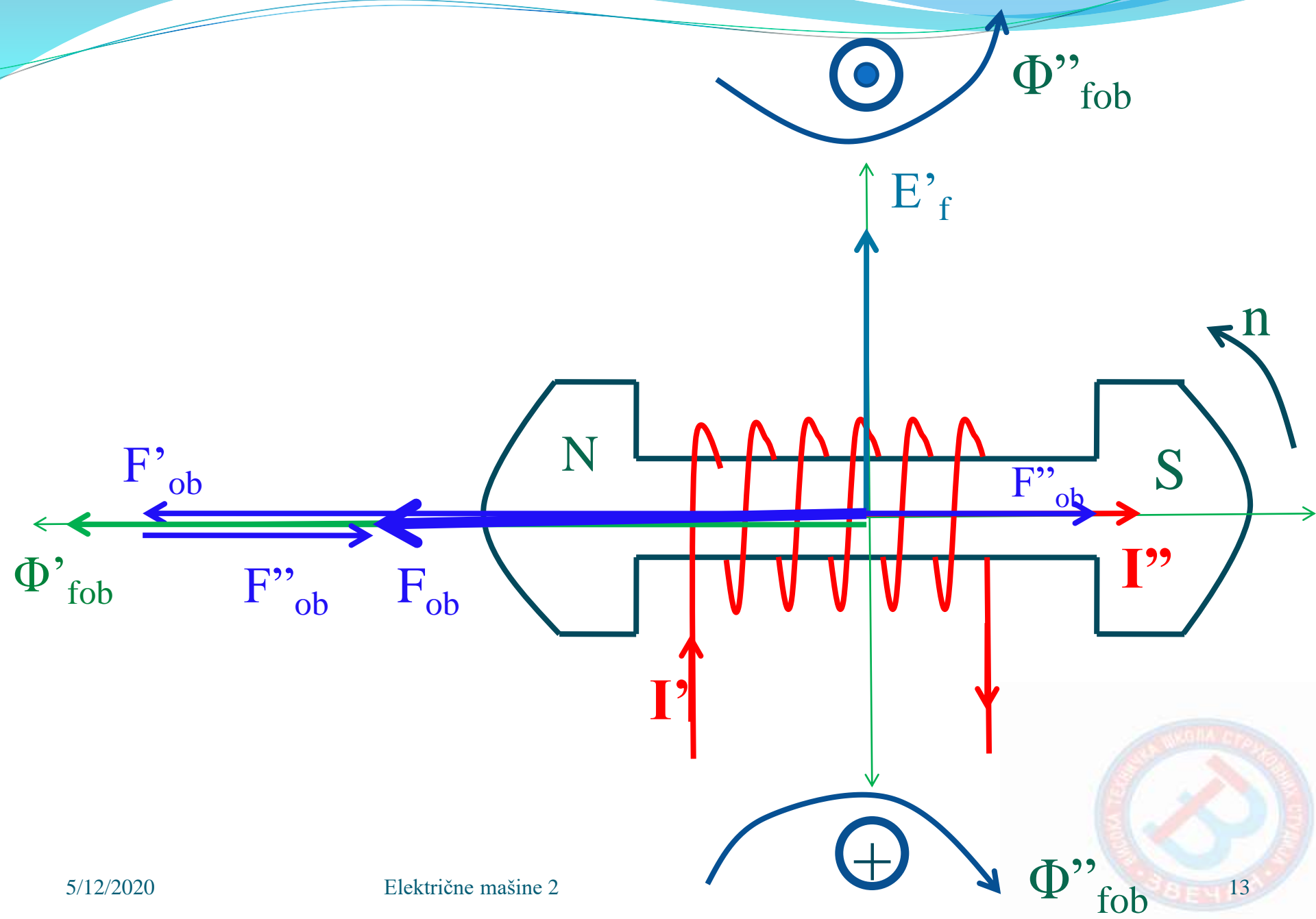
6.1. Reakcija indukta pri aktivnom opterećenju



U slučaju aktivnog opterećenja u sinhronoj mašini vektor m_{ps} reakcije indukta (F''_{ob}) ima pravac poprečne ose – u mašini deluje **poprečna reakcija indukta**, koja smanjuje indukciju i napon.



6.2. Reakcija indukta pri induktivnom opterećenju

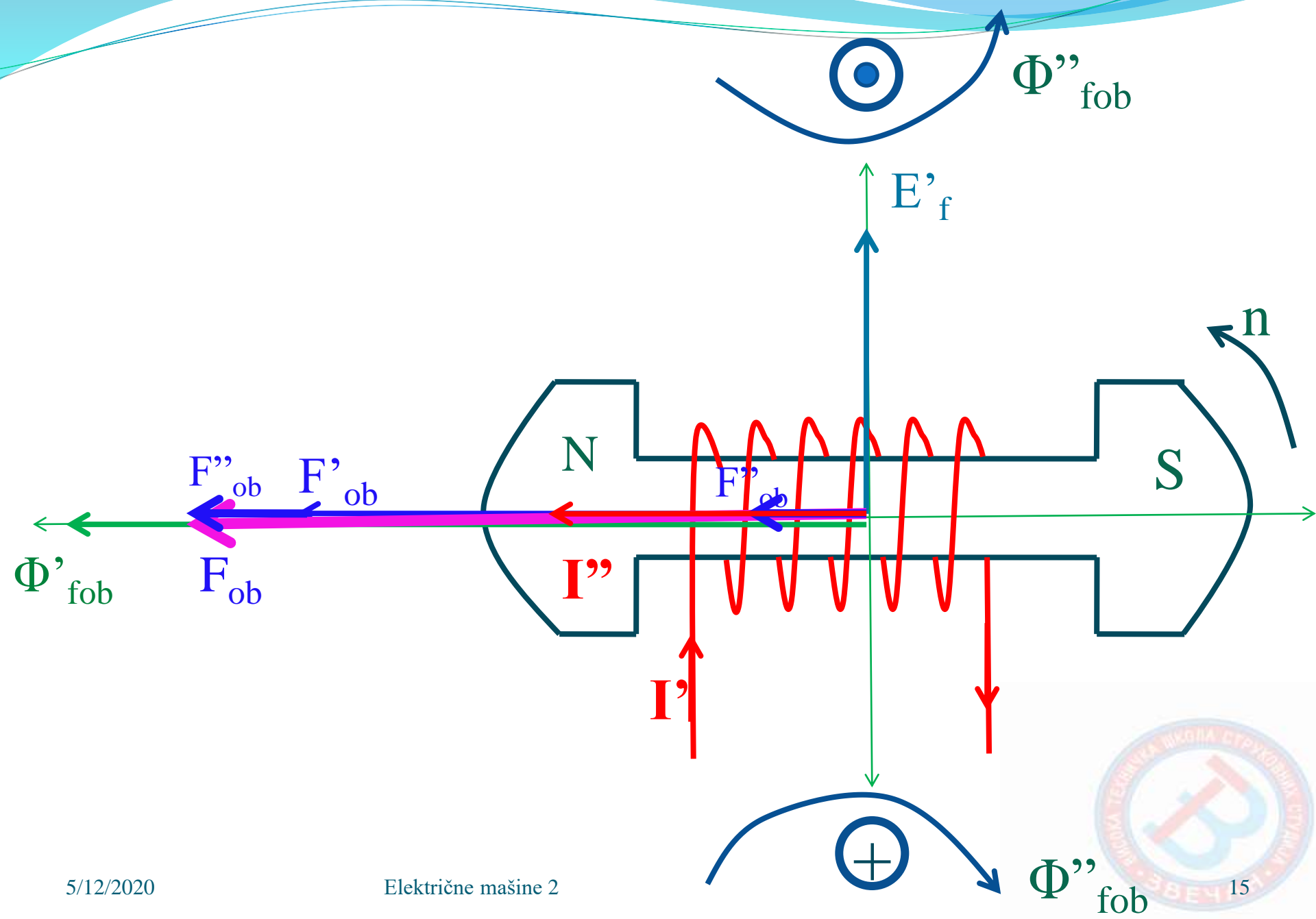


Vektor zajedničkog magnetnog napona F_{ob} dobija se kao aritmetička razlika vektora F'_{ob} i F''_{ob}

To znači da delovanje magnetnog napona reakcije indukta **razmagnećuje mašinu.**

Pri induktivnom opterećenju u sinhronoj mašini deluje **podužna (direktna) reakcija** indukta koja smanjuje zajednički fluks mašine.

6.3. Reakcija indukta pri kapacitivnom opterećenju



Vektor zajedničkog magnetnog napona F_{ob} dobija se kao aritmetički zbir vektora F'_{ob} i F''_{ob}

To znači da delovanje magnetnog napona reakcije indukta **dodatno magnetiše mašinu.**

Pri kapacitivnom opterećenju u sinhronoj mašini deluje **podužna (direktna) reakcija** indukta koja povećava zajednički fluks mašine.

6. DIJAGRAM MPS I ELEKTRIČNIH SILA TURBOGENERATORA

Pri crtanju vektorskog dijagrama, vektor napona crtamo vertikalno.

Vektor struje kasni za naponom za ugao φ (ind. opt.).

U statoru postoje sledeće električne sile:

- Elektrootporna sila $E_J = -RI$
- Električna sila usled rasutog fluksa $E_\gamma = -jX_\gamma I$

Vektorski zbir predstavlja zajedničku ems koja potiče od zajedničkog fluksa i zajedničke mps.

$$U + RI + jX_\gamma I = E$$

$$E = U + E_J + E_\gamma$$



6. DIJAGRAM MPS I ELEKTRIČNIH SILA TURBOGENERATORA

- Kod turbogeneratorsa mogu se zanemariti poprečne i podužne komponente mps reakcije indukta, pa imamo:

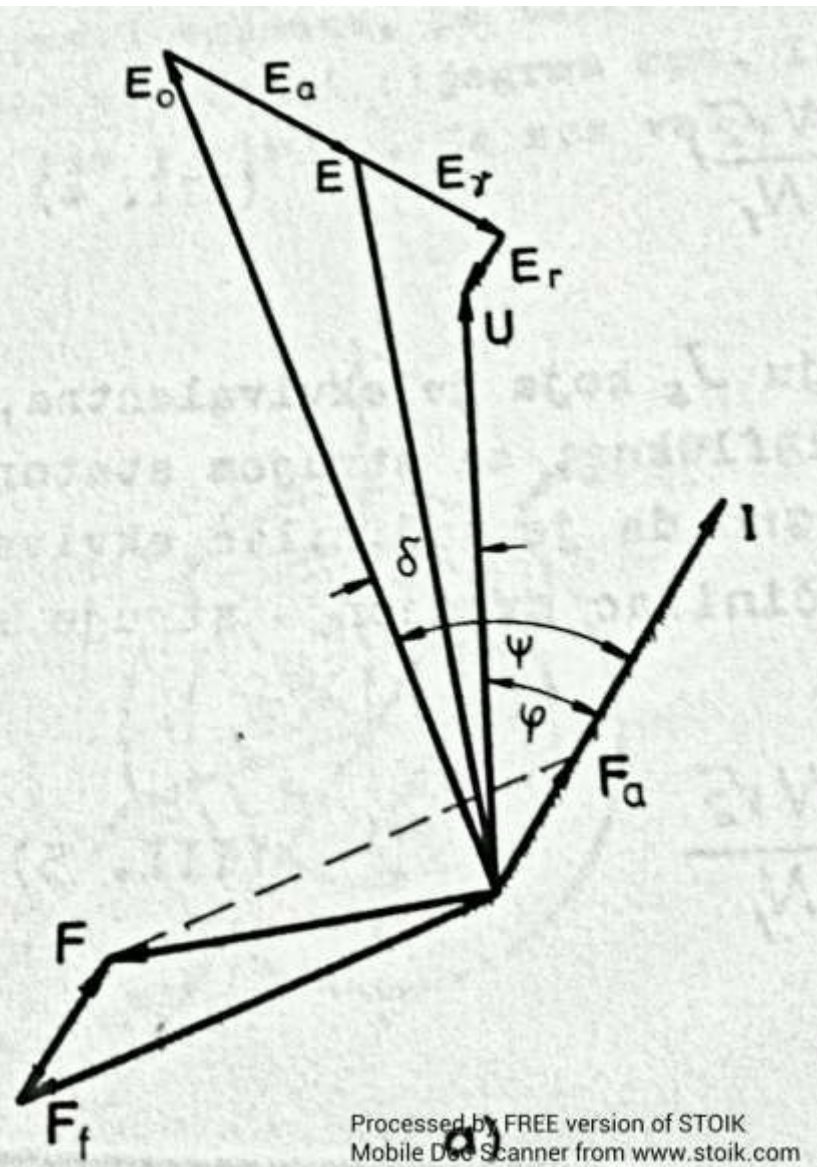
$$E_a = -jX_a I$$

$U + RI + jX_\gamma I + jX_a I = E_o$ - ems koja potiče od pobudnog fluksa.

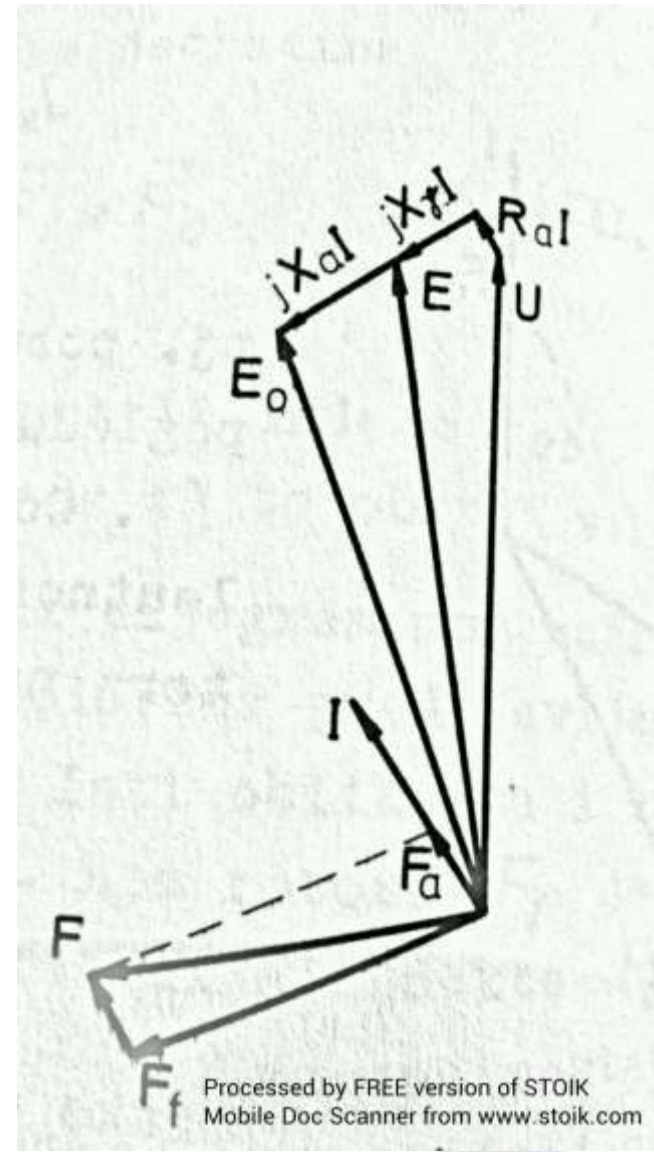
$$E_o = U + E_J + E_\gamma + E_a$$



6. DIJAGRAM MPS I ELEKTRIČNIH SILA TURBOGENERATORA

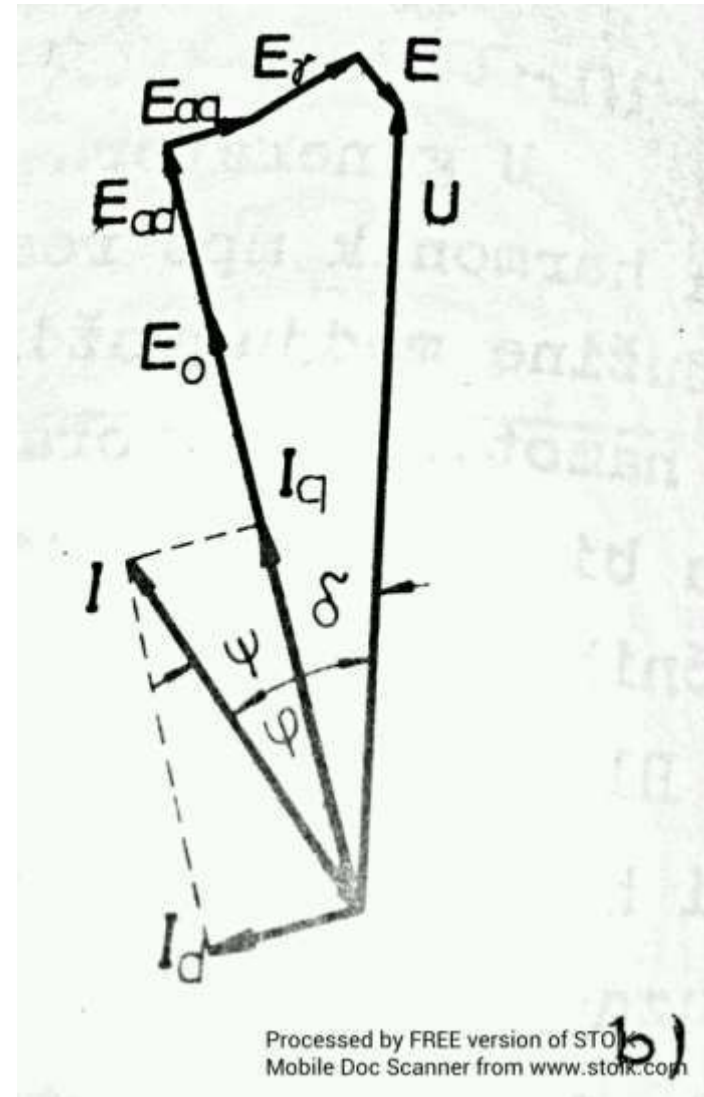
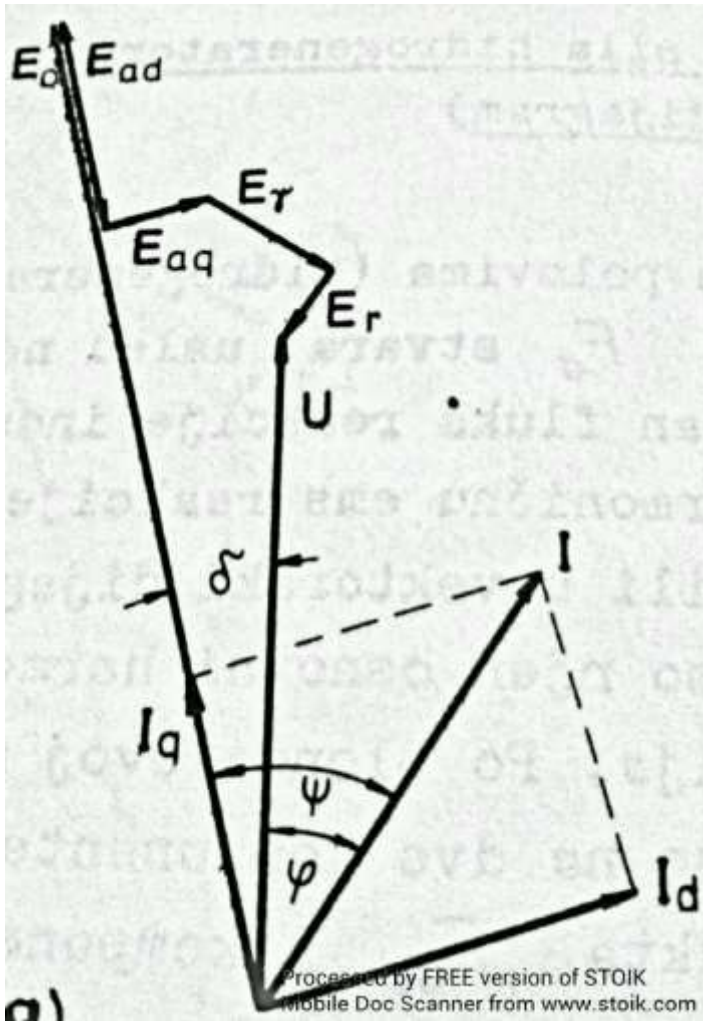


Processed by FREE version of STOIK
Mobile Doc Scanner from www.stoik.com



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

7. DIJAGRAM MPS I ELEKTRIČNIH SILA HIDROGENERATORA



8. KARAKTERISTIKE SINHRONOG GENERATORA

Osnovne karakteristike sinhronog generatora su:

1. karakteristika praznog hoda,
2. karakteristika kratkog spoja,
3. spoljna karakteristika,
4. karakteristika pobude (regulacije).

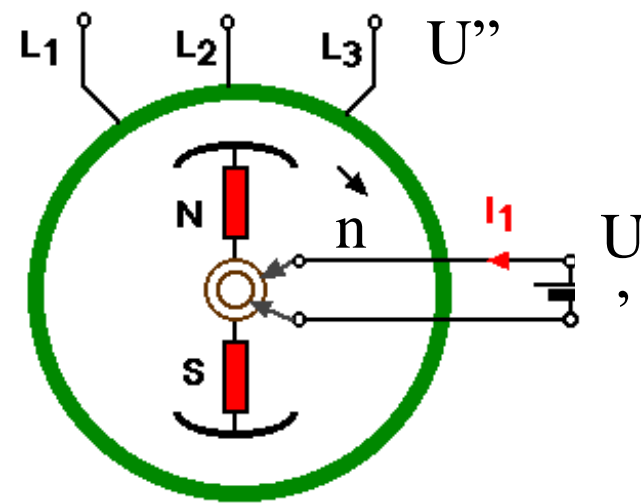
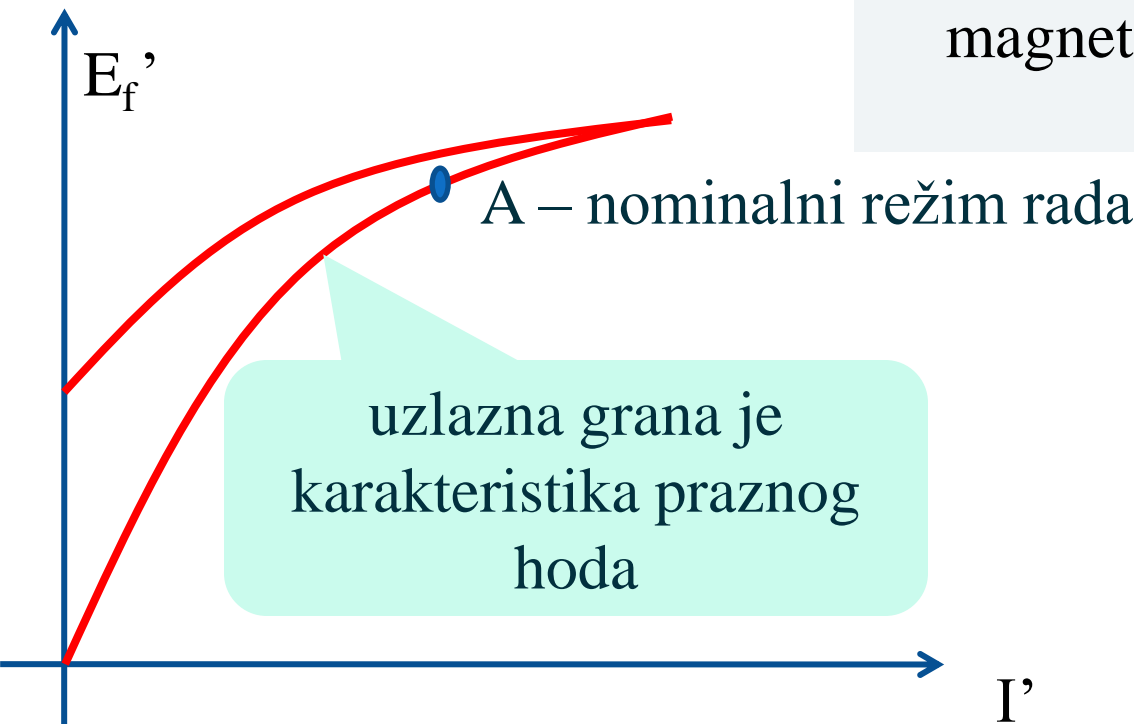


8.1. Karakteristika praznog hoda

Karakteristika praznog hoda je prikazana kao kriva linija koja pokazuje kako se pri praznom hodu generatora ($I''=0$) i pri stalnoj sinhronoj brzini rotora ($n=\text{const}$) menja indukovani napon (E''_f) zavisno od pobudne struje (I').

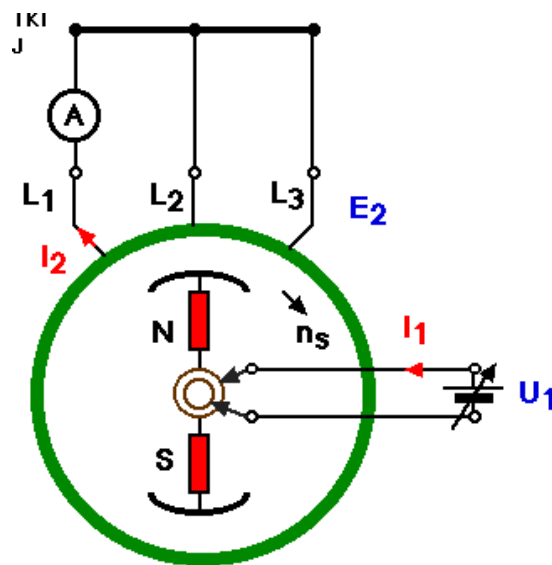
$$E''_f = f(I')$$

Ove dvije grane se ne poklapaju zbog postojanja histereziisa u magnetnom kolu



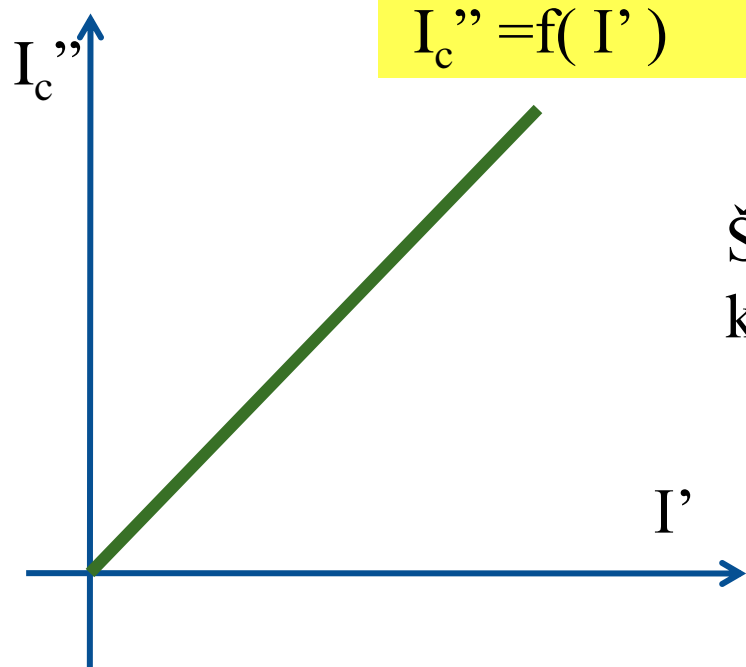
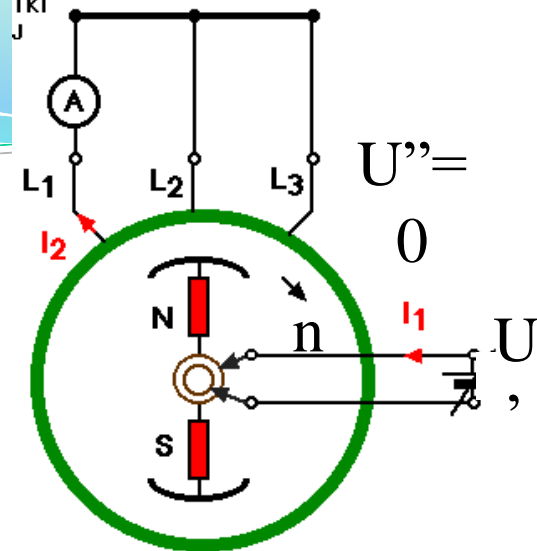
Karakteristika praznog hoda u drugoj razmeri predstavlja magnetnu karakteristiku mašine.

$$\Phi_{fob}' = f(I') \text{ jer je } E'_f \sim \Phi_{fob}'$$



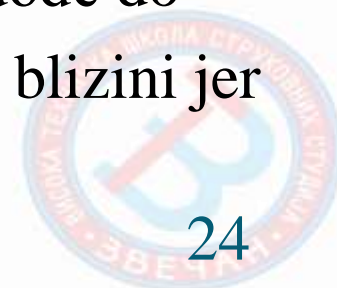
8.2. Karakteristika kratkog spoja

predstavlja zavisnost struje statora (I'') od pobudne struje (I') pri kratko spojenim krajevima statora ($U''=0$) i pri $n=\text{const}$



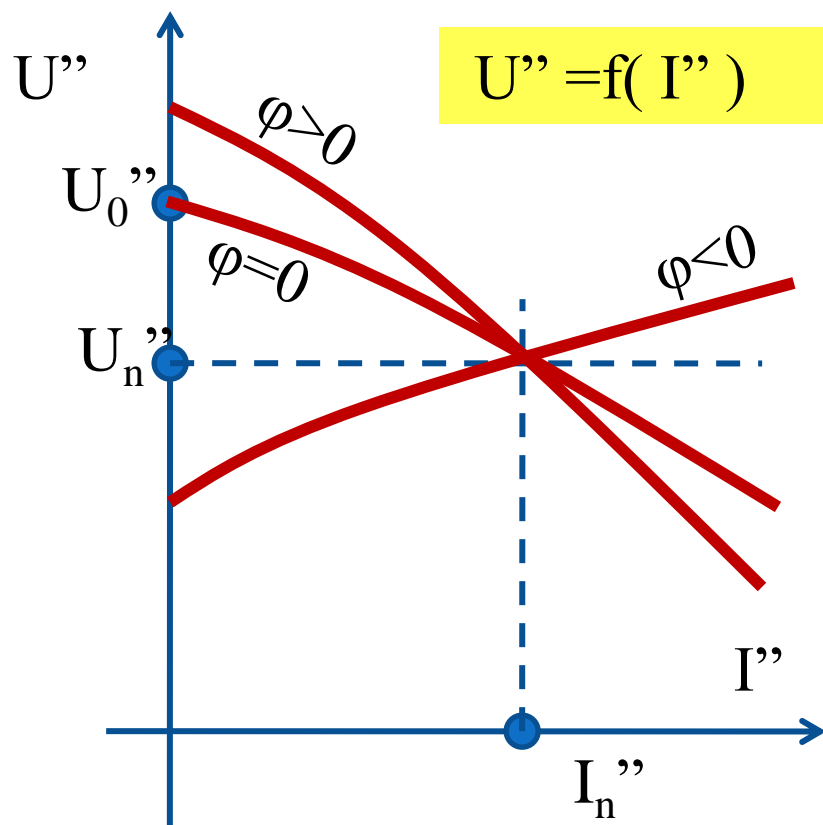
Što je pobudna struja veća to je veća i struja kratkog spoja.

U pogonu veoma opasno ako dođe do kratkog spoja u generatoru ili u blizini jer će struja kratkog spoja biti veoma velika.



8.3. Spoljna karakteristika

predstavlja zavisnost napona na krajevima generatora (U'') od struje opterećenja (I'') pri stalnim vrednostima sačinioaca opterećenja $\cos\varphi = \text{const}$, $n = \text{const}$ i $I' = \text{const}$



$\varphi < 0$, pretežno kapacitivno opterećenje

$\varphi = 0$, aktivno opterećenje

$\varphi > 0$, pretežno induktivno opterećenje

promena napona: $\Delta U = U_0'' - U_n''$

relativna promena napona:

$$u = \frac{\Delta U}{U_n''} 100\%$$

Obično generatori rade sa $\cos\phi=(0,9 - 0,85)$ i sa strujom opterećenja koja zaostaje za naponom, tada je: $u = (25 \div 35)\%$

Promena napona pri promenama struje opterećenja imaju štetne posledice za prijemnike koje generator napaja.

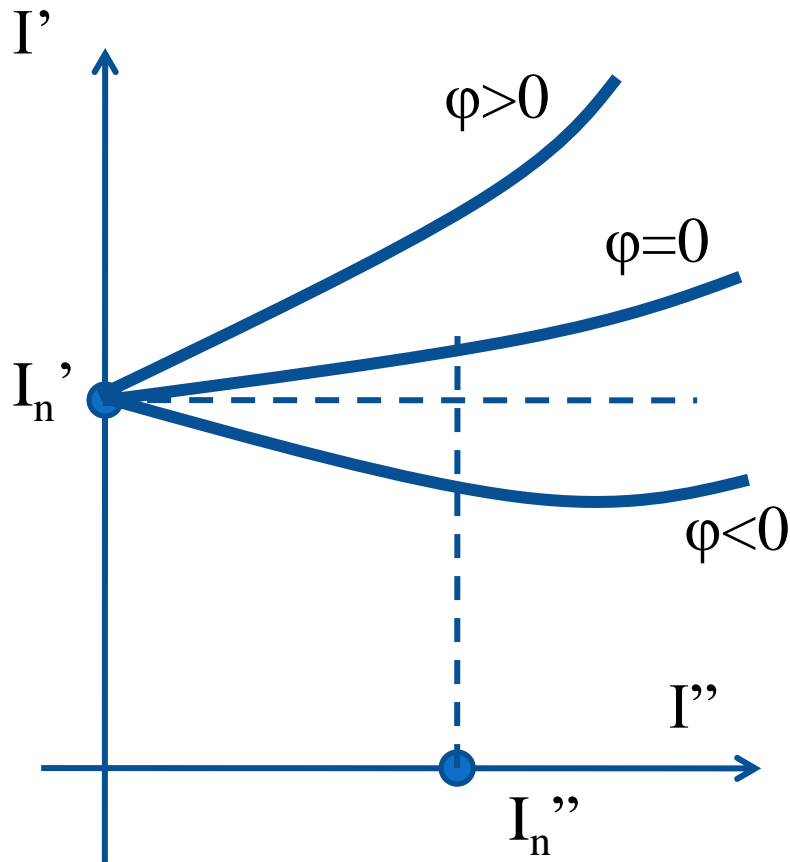
Stabilizacija napona na krajevima generatora postiže se pomoću brzih regulatora pobudne struje

Što je veća promena napona to je složeniji regulator pobudne struje



8.4. Karakteristika pobude (regulacije)

je prikazana kao kriva linija koja pokazuje kako se mora menjati pobudna struja I' zavisno od struje opterećenja I'' radi održavanja stalnog napona na krajevima statora $\cos\phi = \text{const}$, $n = \text{const}$ i $U'' = \text{const}$



$$I' = f(I'')$$

za održavanje uslova $U'' = \text{const}$ pri povećanju struje opterećenja potrebno je povećavati pobudnu struju pri $\phi > 0$ a pri $\phi < 0$ smanjivati je.



9. GUBICI SNAGE KOD SINHRONE MAŠINE

• Mehanički gubici

1. Gubici na trenje u ležištima, P_f . Oni zavise od n , vrste i veličine ležišta, kao i od veličine mašine. Zatim od načina izvodjenja generatora, odnosno da li je položaj horizontalan ili vertikaln.

2. Gubici na trenje dirki o prstenove P_d . Oni zavise od (specifičnog) pritiska kojim dirke naležu na prstenove, od ukupne površine dirka, od sačinioaca trenja i brzine kojom se prstenovi obrću.

3. Ventilacioni gubici, P_v . To su gubici na trenje rotora o vazduh i gubici na provetravanje. Sam rotor se ponaša kao ventilator i na to se troši jedan deo snage. Gubici snage na provetravanje predstavljaju snagu posebnog ventilatora, kojim se održava zatvoreno kružno strujanje vazduha ili drugog fluida u cilju hladjenja mašine odnosno odnošenja većeg dela gubitaka koji nastaju u mašini. Hladjenje sa zatvorenom cirkulacijom rashladnog fluida, ostvarenog pomoću posebnog ventilatora, primenjeno je kod svih većih generatora.

Valja napomenuti da su svi mehanički gubici u zavisnosti od opterećenja konstantni, pošto je stalna brzina obrtanja.



9. GUBICI SNAGE KOD SINHRONE MAŠINE

Magnetni gubici:

-u zubcima i

-u jezgru

$$P_{Fez} = p(\eta f + \delta f^2) m_{Fez} B_{mz}^2 \quad (\text{IV. 3})$$

gde je

η - histerezni sačinilac

δ - sačinilac vihornih struja

m_{Fez} - masa zubaca

B_{mz} - indukcija na dve trećine visine zupca

p - sačinilac usled obrade limova, koji se kreće do

rocesed by FREE version of STOK
lobile Doc Scanner from www.stoik.com

$$P_{Fej} = p \cdot (k_H \eta \cdot f + k_F \cdot \delta \cdot f^2) \cdot m_{Fej} \cdot B_{mj}^2$$

gde je

m_{Fej} - masa jezgra statora

B_{mj} - indukcija u jezgru



9. GUBICI SNAGE KOD SINHRONE MAŠINE

- Gubici snage u bakru P_{cu} , statora iznose:

$$P_{cu} = qRI^2$$

Fildavog sačinioća k_F , pa je

$$R = k_F \cdot R_J$$

i

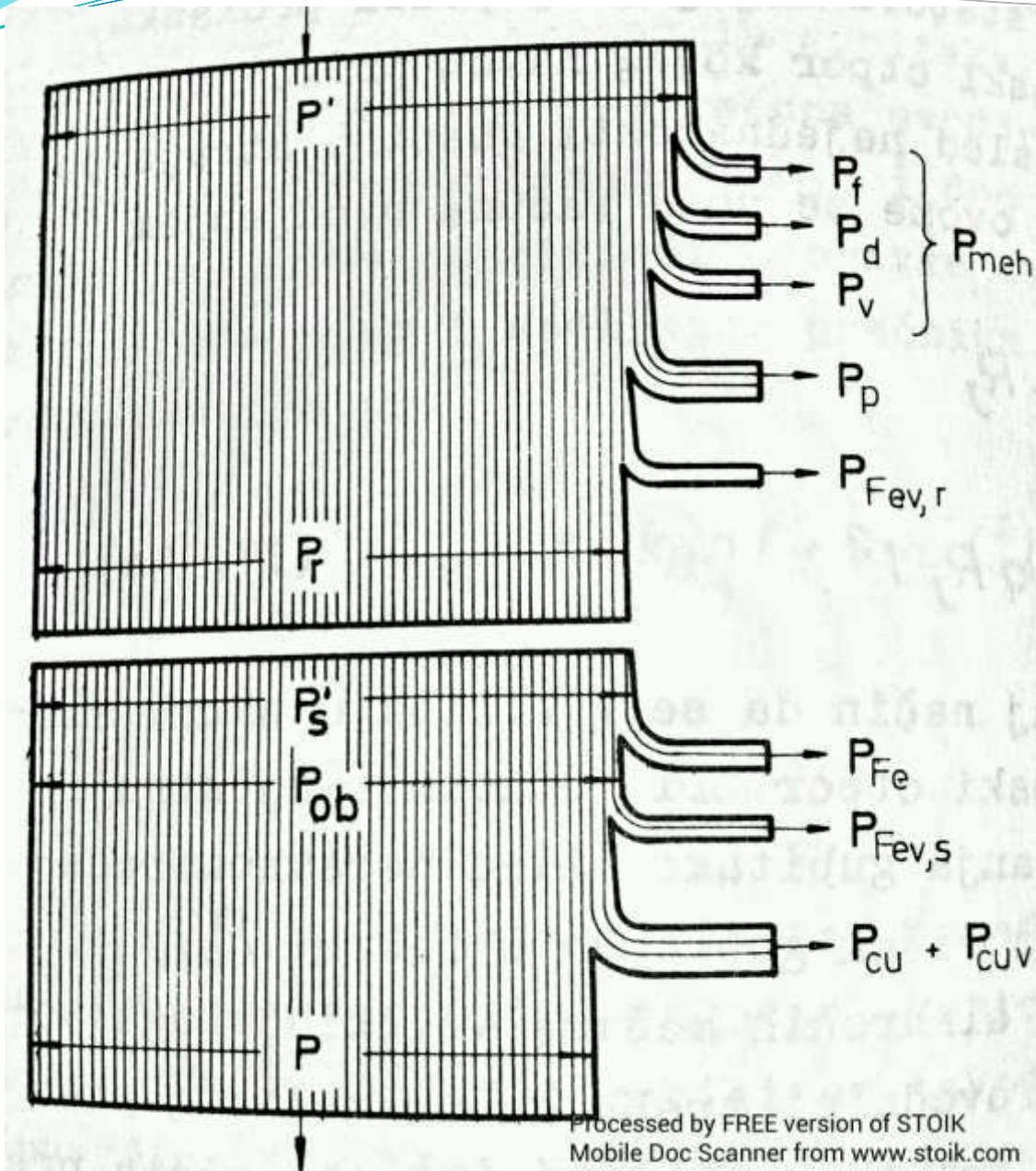
$$P_{cu} = k_F \cdot q \cdot R_J \cdot I^2$$

- Korisna snaga rotora

$$P_r = P' - P_f - P_d - P_v - P_p - P_{Fev,r}$$



9. GUBICI SNAGE KOD SINHRONE MAŠINE



9. STEPEN ISKORIŠĆENJA KOD SINHRONE MAŠINE

$$P' = P + P_{cu} + P_{Fe^+} + P_{Fe^-} + P_p + P_{meh} = P + \Sigma(P_g) \quad (IV. 5)$$

Stepen iskorišćenja je odnos korisne i utrošene m

$$\eta = \frac{P}{P'} = \frac{P}{P + \Sigma(P_g)} \quad (IV. 6)$$

$$\eta = 1 - \frac{\Sigma(P_g)}{P + \Sigma(P_g)} \quad (IV. 7)$$

