

Aszinkron gép

A forgórészben indukált rotoráramok körfrekvenciája:

$$\omega_s - \omega_n$$

az állórészre és a forgórész köröti sebesség, s többször.

Er pontosan elégíti a frekvencia feltételt minden fordulatonként, és négyes rotorállás esetén átlagos nyomaték lépésről lépésre a szinten fordulatonként.

Motor: az állórészre a hálótól feszültséget kapcsoljuk, az indulás révén a forgórészre is feszültség keletkezik, am. terhelésfüggő.

Mivel a tekercelés átl. szimmetrikus felépítésű, az álló- és forgórészáramok is szimmetrikus áramrendszert alkotnak.

Felépítés: - Állórész: háromfázisú, hálótól van táplálva

- Forgórész: tekercselt vagy lalidás, üzem közben mindig rövidre van zárva. Indítókor szűrés ellenétől beiktatására csúszógépűn lehet: csúszógépű gép. A lalida rúdából és azokat két végén rövidre záró gyűrűből áll, szögfázisú: $m_1 \neq m_2$, ez helyettesíthető rövidrezárt tekercsekkel, így $m_1 = m_2$.

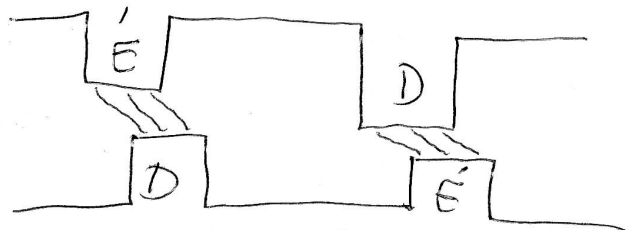
Nyomatéklépés:

A forgórészbe nem vezetünk áramot (KZ miatt nem is lehet). Az állórész forgó mágnesje a forgórész vezetékében áramot indukál. A forgórész árammal körkörös erőt, forgórész nyomatékot hozhat létre.

A forgórész felgyorsul, majd a gép és a terhelés nyomatékainak egyensúlyánál beáll az egyensúlyi állapot. Ekkor forgás nem lehetséges, mert ekkor nincs forgórész indukálás. Csak aszimmetrián keresztül lépés.

A forgórész árammal is létrehozhat egy mágnes, a lótkerék a légrésekben egyesül, de felülhetjük ezt két ömlesztett pólványra hatásunk is.

Állandó nyomaték a két pólványon együttfutással, azonos fordulatszámúval lehetséges. Terhelő nyomaték hatására rögzítődés lehet, az erővonalat meggyújtva, de fordulatszám elérés nem lehet, mert akkor kétlábú nyomaték lehet. E lép alapján az együttforgásról pólványon egyesítés kell.



Gerjesítésel egyensúlyában fordulógépe, Feszültség- és áramátvitel

A forgórésen indukált feszültség

$$\begin{aligned} U_{s,i} &= N_s \xi_s \\ U_{r,i} &= N_r \xi_r \end{aligned} \quad \underline{=} \quad n_u$$

Érvelés a gerj.-egyensúly. tv.: $\bar{\omega}_1 + \bar{\omega}_2 = \bar{\omega}_m \approx \bar{\omega}_0$

A fázisban m_s, m_r lehet eltérő.

gerjesztés egyenlet:

$$\frac{m_s}{2} \xi_s N_s \bar{I}_s + \frac{m_r}{2} \xi_r N_r \bar{I}_r = \frac{m_s}{2} \xi_s N_s \bar{I}_{s,új}$$

$$\bar{I}_s + \frac{m_r N_r \xi_r}{m_s N_s \xi_s} \bar{I}_r = \bar{I}_{s,új}$$

$$n_I = \frac{m_s N_s \xi_s}{m_r N_r \xi_r}$$

Impedanciák: $Z' = n_z \cdot Z$

$$n_z = n_u \cdot n_I = \frac{m_s (\xi_s N_s)^2}{m_r (\xi_r N_r)^2}$$

A forgórész indukált feszültségével és mágnesi reaktanciájával mágnesítése:

$$U_{i,r} = 4,44 f_r \xi_r N_r \Phi_m = s \cdot \xi_s \xi_r N_r \Phi_m$$

$$\text{La áll: } U_{i,r} = 4,44 f_s \xi_r N_r \Phi_m$$

$$U_{i,r}(s) = s U_{i,r}(f_s)$$

$$R_2 = \text{áll}$$

$$X_{s,r} = \omega_r L_{sr} = 2\pi f_r L_{sr} = X_{s,r}(f_s)$$

$$U_{i,r}(f_s) = U_{i,r}$$

$$X_{s,r}(f_s) = X_{s,r}$$

nevezetes értékek: $s=1$: álló helyzet
 $s=0,5$: félfordulat
 $s=0$: minden forgatás
 $s=2$: minden forgatás kétszeresére
 $s=0$: ideális rövidre

A Szlip:

Ha az állóértékhez eltérő fordulatszámmal forgatjuk a forgórészt, a forgórész nyitott lapjain más frekvenciájú feszültséget kapunk: \rightarrow frekvenciaváltó.

Ha pl. a forgórészt a nézővel egy irányban, de lassabban ($n < n_1$) forgatjuk: a mérőindukciósorok a forgórészre $n_2 = n_1 - n$ szlip fordulatszámmal hatnak.

Ezzel n_1 -re viszonyított értéket nevezik szlipnek:

$$s = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

$$n = n_1 - s n_1 = n_1 (1 - s)$$

$$n_2 = n_1 - n$$

A szlip és állórész frekvenciaaránya:

Mivel a pólusoknál $f_2 = \frac{n_2 \cdot p_2}{p_1} = \frac{n_2}{n_1} = s$
 meg kell egyezni

$$p_1 = p_2 = p$$

$$s = \frac{f_2}{f_1} \Rightarrow \frac{f_2}{n_2} = \frac{s \cdot f_1}{s \cdot n_1} \quad \text{a szlipfrekvencia}$$

Lemaradónak a forgórész által létesített forgórész forgórész iránya egyszer az állórészhez képest.

Vagyis a forgórész mindig együtt forog az állórészhez képest.

~~Az~~ A forgórész frekvencia egységét éppen annál lemaradónak kell megadni, mint a szlipfrekvencia. A két mérő tehát mindig együtt, egyszerő sebességgel forog, de különböző helyzetű vektorok a méréseket nyomon követhetjük.

Helyettesítő kapcsolás:

Állóáramú egyenlet: $\bar{U}'_2(s) = s\bar{U}'_{2i} + R'_2\bar{I}'_2 + j\omega X'_{s2}\bar{I}'_2 = \phi$

A forgórész hűvő az állórész hűvővel minden fordulatszámon együtt forog.

A forgórész áramát az állórészről hűvő mindig 50 Hz-esen látnak.

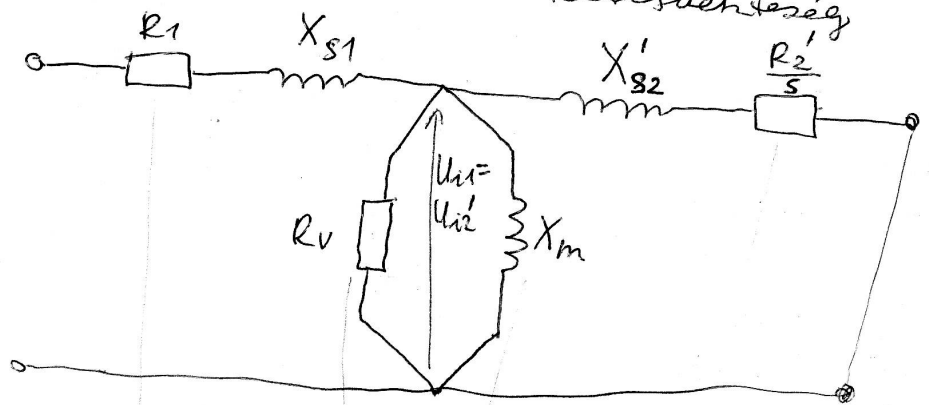
így: $f_2 \rightarrow f_1 = \frac{f_2}{s}$ az arányban gép elvégzi a frekvenciatranszformációt

$\bar{U}'_{i2} * \frac{R'_2}{s} \bar{I}'_2 + jX'_{s2}\bar{I}'_2 = 0$ $\bar{U}'_{i2} = \bar{U}'_{i1}$

Így összehelyezhető a primer és szekunder oldal

$\frac{R'_2}{s} = R_2 + R'_2 \frac{1-s}{s} = R'_2 + R'_m$

mechanikai ellenállás, a forgórész felcsúszás



Energiaviszlek:

$P_1 = 3U_1 I_1 \cos \phi_1$

$P_{t1} = 3R_1 I_1^2$

$P_v = \frac{3U_i^2}{R_v}$
vasvesztés

légzés $P_{t2} = 3R'_2 I_2^2$

P_L szekunder rézvesztés

$P_m = 3R'_m I_2^2$
mechanikai

$P_{\text{tergely}} = P_2 = P_t = P_m - P_s$

Mivel $f_2 \approx 0$ miatt $P_{\text{roz2}} \approx 0$, ezért normál üres körülmények között a forgórész vesztesége elhanyagolható (Nem mindig!!)

Teljesítmény és nyomaték:

Légrésen átadott teljesítmény:

$$P_e = 3 \frac{R_2'}{s} \cdot I_2'^2$$

$P_{t,2} = 0$ esetén nincs P_e és
nincs M

$$P_m = (1-s) P_e$$

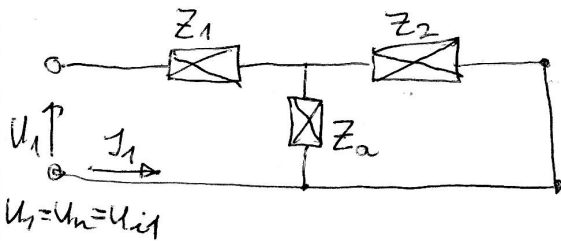
A nyomaték a tengelyen:

$$M = \frac{P_m}{\omega} = \frac{(1-s) P_e}{(1-s) \omega_0} = \frac{P_e}{\frac{\omega_1}{p}} = p \frac{P_e}{\omega_1} = \frac{3}{\omega_0} \frac{R_2'}{s} I_2'^2$$

Kördiagram (Áram-munkadiagram)

Számítás:

Teljes Kapcsolás alapján



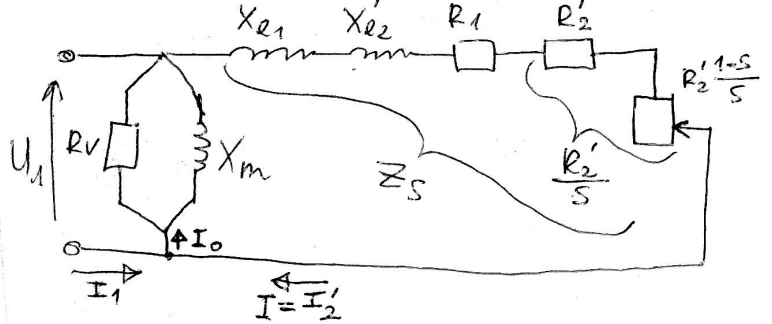
$$I_1 = \frac{U_1}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_a}{Z_2 + Z_a}} = U_1 \frac{Z_a + Z_2}{Z_1 Z_2 + (Z_1 + Z_a) Z_2}$$

A primer áram $\frac{R_2'}{s}$ változtatásával általános helyzetű kört ír le.

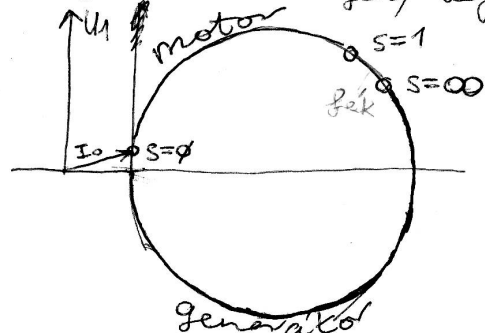
A kis szlipű üresjárási pont és az $s=0$ szinkron pont, amit csak hajtó segédgéppel érhetsz el) ha ugyan közel esnek, így gyakran nem különböztetjük meg.

Az áram mindig lépi a ferde lépést, mivel a gép mágneses áramát a hálózat fedezi.

Egyszerűsített ábrázoltó kapcsolás



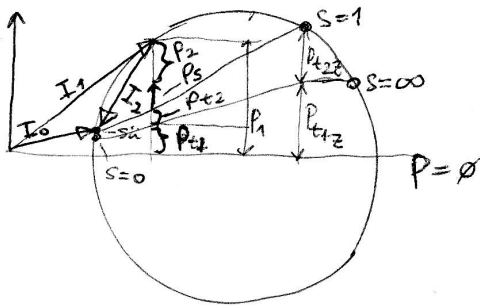
$X_e = X_{e1} + X_{e2}$ eredő mágneses reaktancia a kördiagram átvonóját, az ellenállás a paraméterelosztást (az $s=1, \infty$ lépések helyzetét) befolyásolja



Teljesítmény eloszlása kördiagramról

$$P_1 = U_1 I_1 \cos \phi = \text{áll. } I_1 \cos \phi$$

határozó szám \Rightarrow függőleges távolság



leadott teljesítmény

$$P_2 = P_m - P_s$$

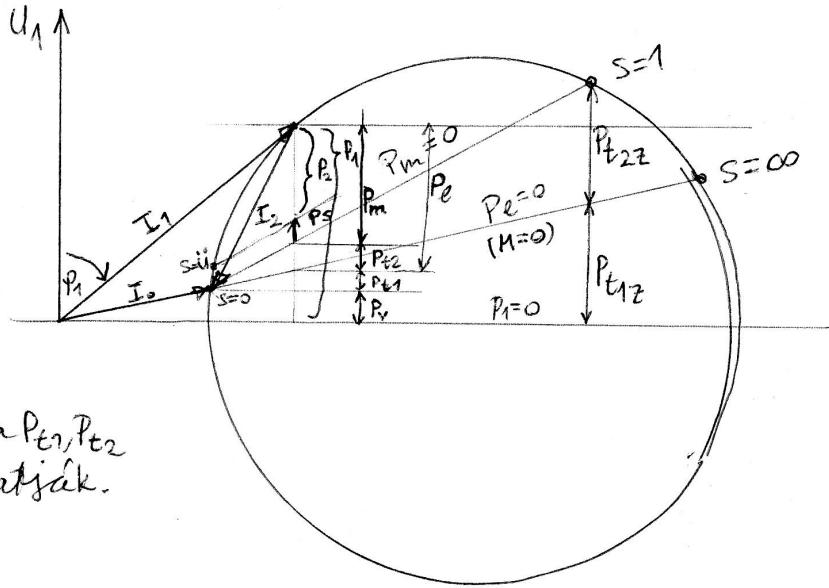
sínélő energiavesztés

P_v : vasvesztés az

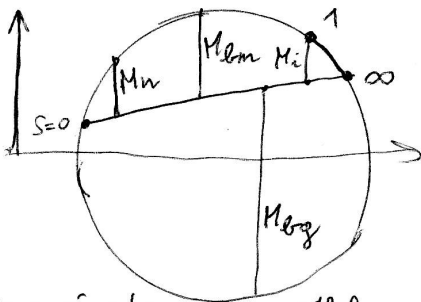
I_0 üresjárati áram

hatásos értéke

A teljesítményvesztéseket a P_{e1}, P_{e2} metrikák segítségével lehet meghatározni.



Nyomatéki jelleggörbe: a kördiagramból szerkeszthető ki.



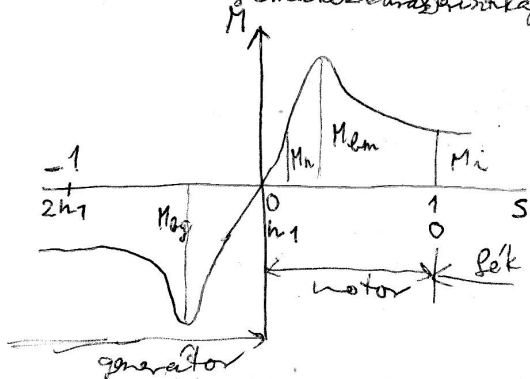
M_m : névleges
 M_i : üresjárati

M_m, M_g : motoros/generátoros
hullerős nyomaték

(A statikus stabilitás legkritikus pontját választja el).

A gép által elfogadott legnagyobb nyomaték a hullerős nyomaték. A veszteségek miatt a generátoros nagyobb.

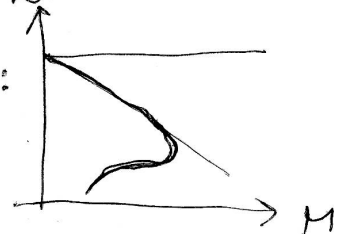
áramlási nyomatékok analízisének:



Az asinkron gép fordulatszám tartó üresjárattól (mintson h) a névleges fordulatszámnál néhány százalékkal h csökken a fordulatszám.

Az állandó sebességű motor:

$$M = \frac{P_e}{\omega_1} = \frac{3}{\omega_1} \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2'}{s}$$



Normális motornál $R_1 \ll R_2'$ és így az ürezi tartományban, ahol $s \ll 1$, tehát $R_1 \ll \frac{R_2'}{s}$; az $R_1 \approx 0$ közelítéssel

$$s_b \approx \pm \frac{R_2'}{X_L} \quad M_b \approx \pm \frac{3}{\omega_1} \frac{U_1^2}{2X_L}$$

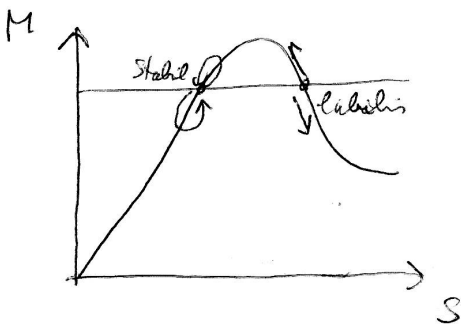
Billenőnyomattól ott van, ahol: $\frac{\partial M}{\partial s} = 0$

$$\frac{R_2'}{s} = \pm \sqrt{R_1^2 + X_L^2}$$

Kloss formula:

$$\frac{M}{M_b} = \frac{2}{\frac{s}{s_b} + \frac{s_b}{s}}$$

Stabilitás:



Stabilis, ha a nyíróerő nagyobb a billenőnyomattalhoz tartozó billenőslíptől.

Indítás: indítási áram nagy, de indítási nyomaték kicsi. Megoldás lehet:

külső indítási módszer - forgórész ellenállás

beiktatása: Csúszógörényű motor

- Csúszógörényű motor: csúszógörényű motor, de az indítási nyomatékot is...

Belső indítási módszer:

- Áramkorlátozó forgórész

- mely korlátozó (A simple circuit diagram showing a resistor symbol in series with a power source and a load.)

- Kétfázisú indítás: indítás: nagyobb (A diagram of a two-phase motor with two windings.)

Sajátos ellenállási felicidálás: nem lehet, üzemben a lény ellenállási (belső) van felső. (A diagram of a motor winding with a resistor symbol.)

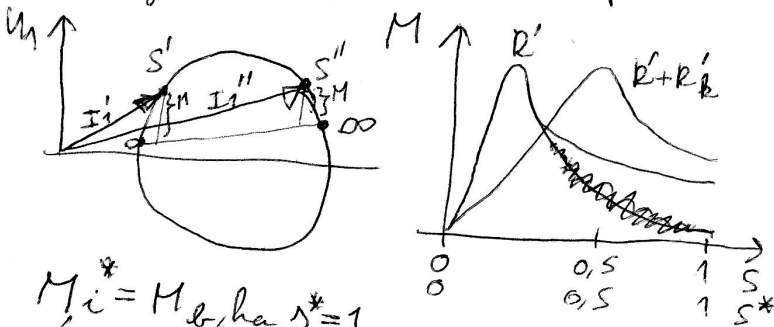
Csúszógépjűtés gépi

Ha a forgórész ellenállását külső ellenállással megemlítjük:

$$R'_{2t} = R_2 + R_k, \text{ akkor az } \frac{R_2}{s} = \frac{R_2 + R_k}{s^*} \text{ paraméterrel}$$

változtatunk, így s^* pont az s helyére tobozik.

A nyomatékgörbe a nyújtása önmegmódit:



OK: adott nyomatékhoz állandó fluxus esetén változhatnak nagyságú és fázisnagú I_2 mellettr azén működés.

$$M_i^* = M_b, \text{ ha } s^* = 1$$

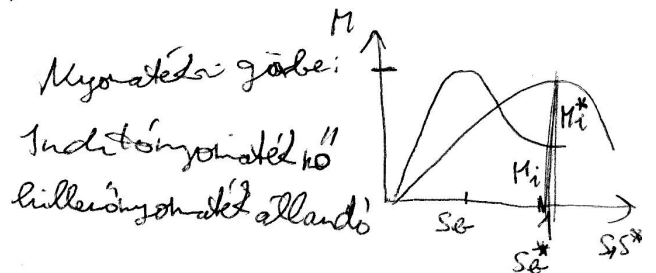
Igy: induktív csökken, induktív nyomaték nő.

$$s_b \text{ ált } \approx 0,2 \Rightarrow$$

$$R_k = \frac{1-0,2}{0,2} R_2 = 4 R_2 \text{ ellenállás kell.}$$

$$\frac{R_2}{s_b} = \frac{R_2 + R_k}{1}$$

$$R_k = R_2 \left(\frac{1}{s_b} - 1 \right) = R_2 \left(\frac{1-s_b}{s_b} \right)$$



Egyenáramú gép

Az állós forgórész egyenáramú táplálásával nem lehet a frekvenciafeltételt kielégíteni: Kommutátorral oldjuk meg, ami a $0 \rightarrow \omega_r$ frekvenciaátalakítást minden fordulaton elvégzi, és így a $\omega_s = 0$ -hoz tartó $\omega_m = -\omega_r$ frekvenciafeltételt kielégíti minden fordulaton.

A frekvenciafeltétel kielégül minden fordulaton.

Állandó nyomatékot a nagy fűrészárammal szűrik el.

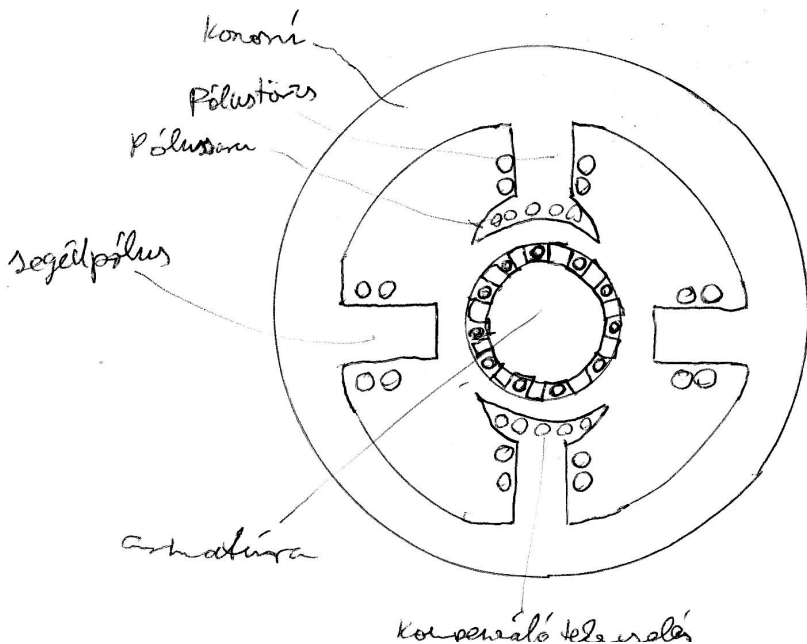
Minden tekercs más helyre kerül, így mindig csak tekercs egy fűrész.

A kefépár jelöli ki az állórész, az armatúra mágnesjének tengelyét, de a forgórész gép bonyolult, ezért lefordított a gép: ^{álló rész pólusok} ^{forgórész armatúra} Az armatúra tekercselésében változó áram folyik, aminek a frekvenciáját a fordulatszámmal egyeztetjük meg.

A kommutátor frekvenciaátalakító:

- generátor üzemi a változó armatúra áramokból $f=0$ -t
- motoros üzemi az egyenáramot az adott fordulatszámmal megfelelő frekvenciára változtatja.

Így a gép minden fordulatszáma minden fordulaton áram.



armatúra-reakció

Terhelésor a légrésben a pólusmerőhöz újabb résmérő, az armatúramérő, a fázisán keresztüli hozzájárulása. Ezt a pólusgerelyekre merőleges keresztmért az armatúra-görgetés létesíti.

A teljes eredő légrésmerőt ~~terhelésor~~ terhelésor a pólusgörgetés és az armatúragörgetés létesíti.

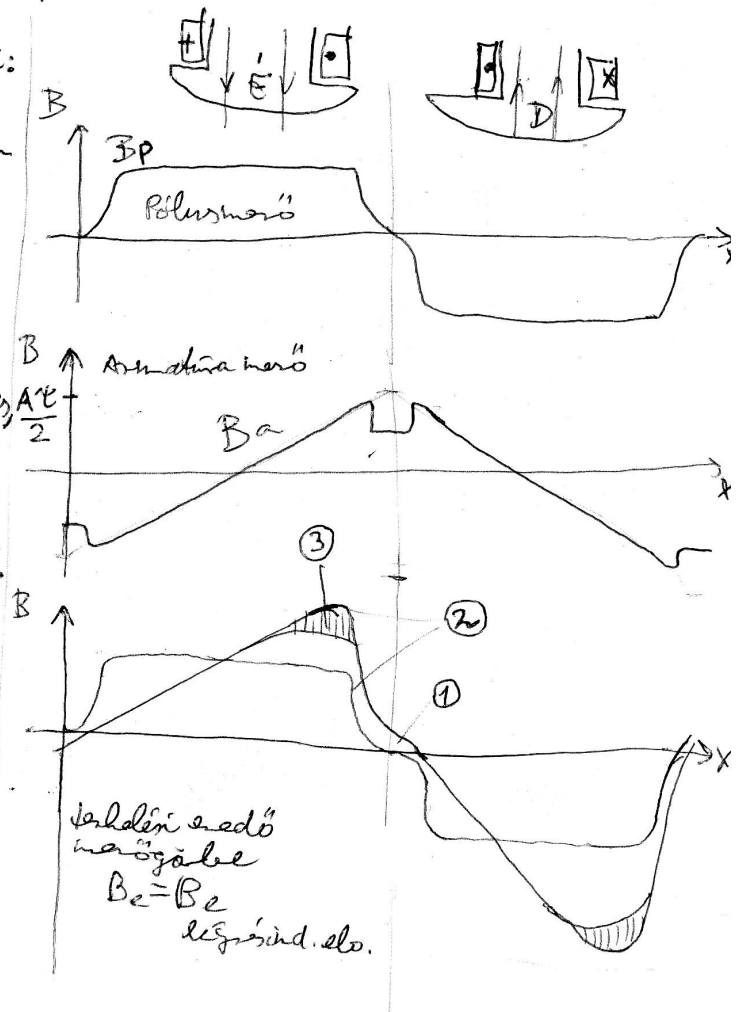
Az armatúravisszahatás következményei:

① Az armatúramérő az egyik oldalon hozzáadódik, a másik oldalon levonódik a pólusmerőből, így eltörítja az ^{eddig} szimmetrikus légrésmerő alakját. A terhelés következtében az eddig üresjáratban, indukciósmentes, geometriai semleges zónában légrés-indukció jelenik meg.

A semleges zóna helye eltolódott.

② A légrésindukció maximális értéke az üresjáratnál legnagyobb értékhez képest jelentősen megnőtt, és ez a terheléssel arányos.

③ A vastelítés következtében a fluxus Φ csökken, ami generátornál csökkenti az indukált feszültséget, motornál növeli a fordulatszámot.



Az indukált feszültség alakítása:

Az indukált feszültség mérése:

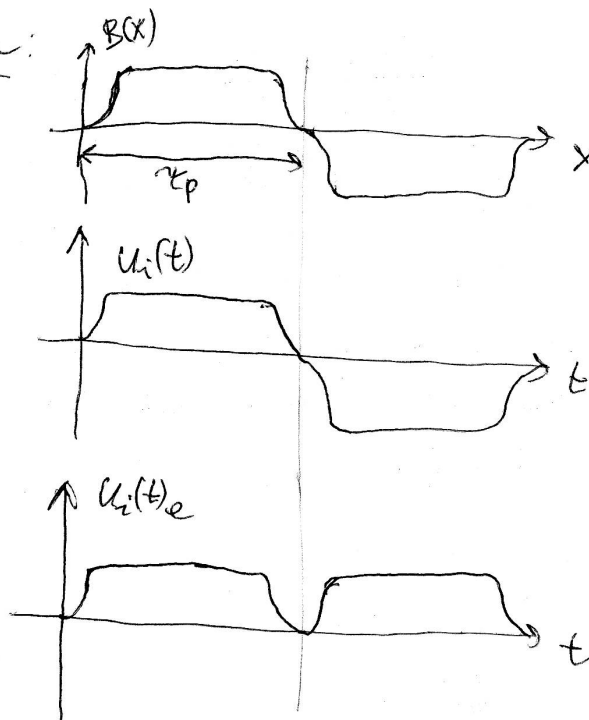
$$U_{i1} = B_k l_i v$$

Armátúra ~~áram~~
 körületi sebessége: $v = D \pi n = 2 p r n$

Z : az összes szobalított vezető száma

$2a$: párhuzamos ágak száma

$$Z_{\text{soros}} = \frac{Z}{2a} \quad D \pi l_i = A_p \cdot (2p)$$



$$U_i = \frac{Z}{2a} B_k l_i D \pi n = \frac{Z}{2a} B_k A_p 2 p n = \frac{p}{a} Z \Phi_a \cdot n = k_u \cdot \Phi_a \cdot n$$

$$U_i = k_u \cdot \Phi_a(I_g) \cdot n = \underbrace{\frac{k_u}{2\pi}}_{k_M} \Phi_a(I_g) \cdot \omega$$

A nyomaték mérése:

$$F_1 = B_k \cdot l_i \cdot I_{\text{ágy}}$$

$$M = Z \cdot \frac{D}{2} F_1 = Z \frac{D}{2} B_k l_i \frac{I_a}{2a} = Z \frac{D \pi}{2\pi} l_i \cdot B_k \frac{I_a}{2a} = \frac{Z}{2\pi} \frac{1}{2a} A_p (2p) B_k \cdot I_a =$$

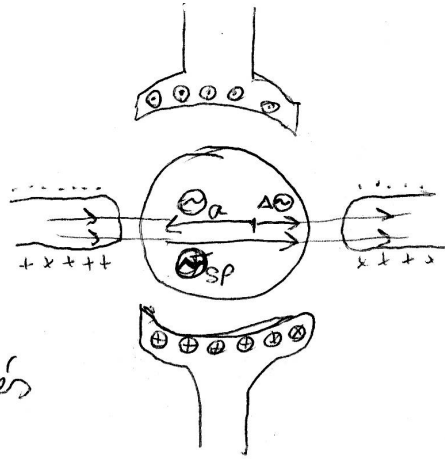
$$= \frac{Z}{2\pi} \cdot \frac{p}{a} \Phi_a \cdot I_a$$

$$M = k_M \Phi_a(I_g) I_a$$

Pólus és armatúra fluxus mindig közelleges, ez biztosítja a legnagyobb nyomatékot.

Segédpólus:

A segédpólusfelvételre gerjesztése a semleges zónában egyensúlyt tart az armatúragerjesztés maximális értékével (kompenzálja azt), és biztosítja a szükséges B_{sp}



segédpólus-indukciót előállító Δ többletgerjesztést.

A lineáris áramváltorást biztosítja, kijelöli a semleges zónát, ahol a légrésindukció irányát vált.

A segédpólus felvételét sorbaválaszt az armatúra felvételétől.

Kompenzáló felvétel:

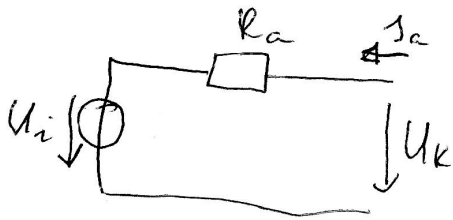
Ha az armatúra áram túl nagy és a segédpólussal nem lehet kompenzálni, akkor a pólussanálta lett felvételébe az armatúra gerjesztésével egyező nagyságú, ellenlétes gerjesztést helyezünk el, amit úgy biztosítunk, hogy sorba kapcsoljuk az armatúrával.

Így növelhető a gép teljesítménye.

Helyettesítő Káposolás

$$U_i = k \Phi_a \omega$$

$$M = k \cdot \Phi_a I_a$$

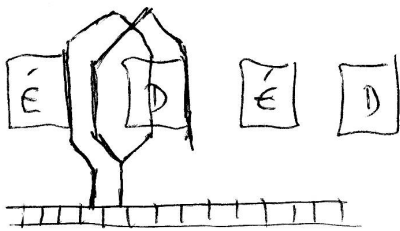


$$U_k = U_i \mp R_a I_a$$

Generátoros
Motoros

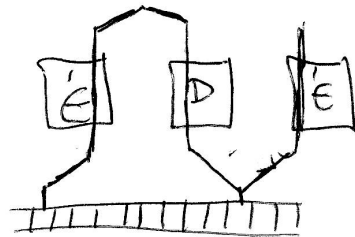
Kapcsolási módok:

Teljesítés:



Sturlos teljesítés

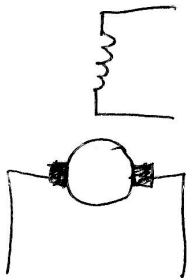
$$2a = 2p$$



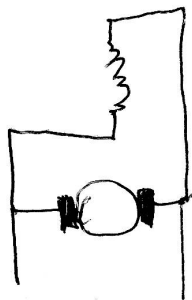
Stulláros teljesítés

$$2a = 2$$

Gerjesztés:



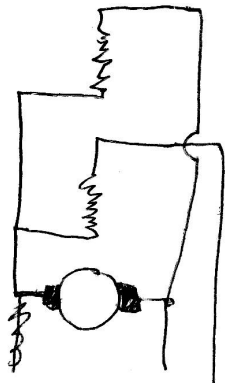
Külső



Párhuzamos



Soros



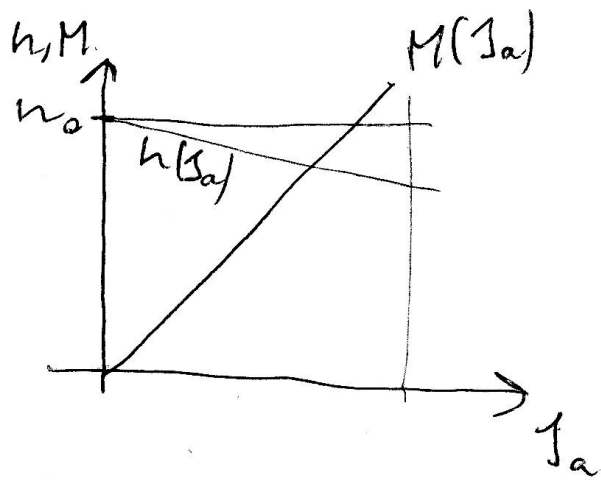
vegyes

Kompaund: $\ominus_{\text{arm}} = \ominus_{\text{sor}}$

Anti kompaund: $\ominus_{\text{arm}} \neq \ominus_{\text{sor}}$

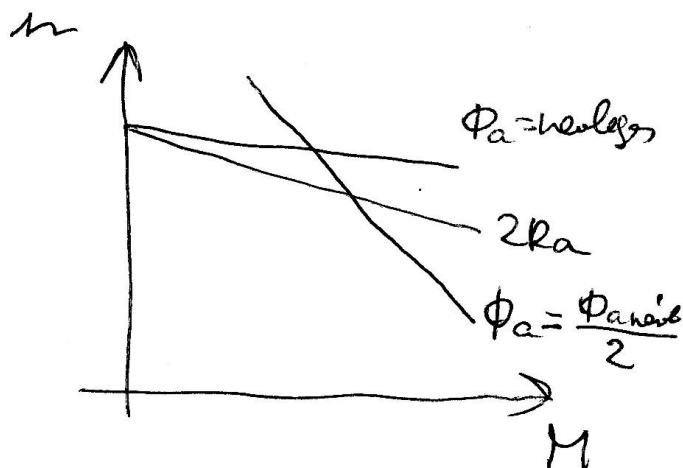
Jelleggörbék:

Sebesség:



Nyomaték:

Mechanikai

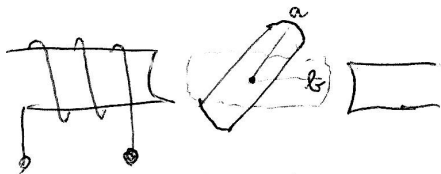


Erő- illetve nyomatéklépcsés

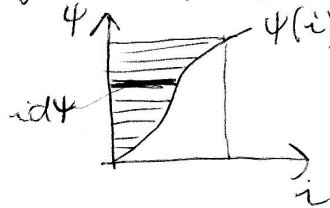
Egyoldalonról gerjentes gépek energiavonalai:

Erőhatás létrejöttéhez a mágneses tér megváltozása szükséges.

Állórészen gerjentes gép:



Mágneses erő görbéje az adott helyreben



A felhalmozott mágneses energia:

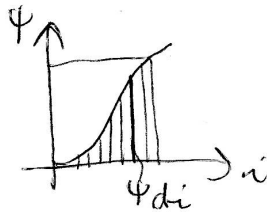
$$W_t = \int_0^{\psi} i \, d\psi$$

Kerterészet elhanyagolása esetén

a mágneses energia a forgórész helyzetével egyértelmű függvénye.

Mágneses koeenergia:

$$W'_t = \int_0^i \psi \, di$$



Ha $\psi(i)$ lineárisan arányos: $W_t = \frac{1}{2} i \psi = \frac{1}{2} l i^2 = W'_t$

ahol l az állórésztelennel a forgórész adott helyzetéhez tartozó önrindukciós inductancia.

Lineáris esetben mágneses energia és koeenergia egyenlő.

Ha mindkét részen van tekercs: $l_m = l_{rs} = l_{rr}$, kölcsönös inductancia

$$W_t = \frac{1}{2} i_s^2 l_s + i_s i_r l_m + \frac{1}{2} i_r^2 l_r = W'_t$$

Ha a kerterészet elhanyagoljuk, az energiamegmaradás törvénye alapján

$$dW_v = dW_t + dW_m$$

$$dW_v = u_i i dt = \frac{d\psi}{dt} i dt = i d\psi$$

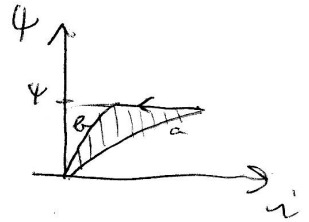
betáplált vill. energia | leadott mechanikai munka
 mágneses energiájával | mészatoránia

$dW_m = m \cdot d\alpha$
 mágneses energiájával | elemi elfordulás
 mészatoránia | mozgás

Energiavincsel állandó fluxus és áram esetén:

Ha a fluxus állandó:

$$\Psi = \text{áll} \Rightarrow d\Psi = 0, dW_v = \emptyset$$



$$dW_v = dW_t + dW_m \text{ alapján: } dW_m = -dW_t$$

$$\text{és így: } m = -\left(\frac{\partial W_t}{\partial x}\right)_{\Psi = \text{áll}}$$

A hélióidból felvett energia rész, a leadott mechanikai energiát a és mágneses energiájának csökkentése fedezi.

Ha az áram állandó:

$$\Psi_i = W_t + W_t'$$

$$\rightarrow W_t' = \Psi_i - W_t \text{ innen teljes differenciállal:}$$

$$dW_t' = \Psi di + i d\Psi - dW_t$$

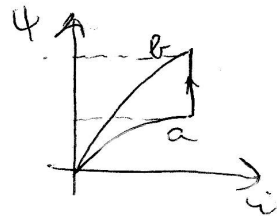
$$dW_t = dW_v - dW_m \text{ és mivel: } dW_v = i d\Psi$$

$$dW_m = m dx$$

$$dW_t' = \Psi di + m dx$$

$$\text{mivel } i = \text{áll, } di = \emptyset$$

$$\Rightarrow m = \left(\frac{dW_t'}{dx}\right)_{i = \text{áll}}$$



A felvett villamos energia fele mechanikai munkavégzésre, másik fele a mágneses tér energiáját növeli.

Kéttekercses gép pillanatnyi nyomatéka:

$$m = \frac{\partial W_t}{\partial x} = \frac{1}{2} i_s^2 \frac{dl_s}{dx} + i_s i_r \frac{dl_{sr}}{dx} + \frac{1}{2} i_r^2 \frac{dl_r}{dx}$$

$$m = \frac{1}{2} i_s^2 \frac{dl}{dx} + i_s i_r \frac{dl_{rs}}{dx} + \frac{1}{2} i_r^2 \frac{dl_r}{dx}$$

Frekvenciafeltétel:

Kergetes, mindkét oldalon egyfázisú gép álló- és forgórész tekercsének
 induktivitásai állandók (állandó légrés), $L_s(\alpha) = L_s = \text{áll}$
 $L_r(\alpha) = L_r = \text{áll}$

A nyomaték egyenlettel: $m = i_s i_r \frac{dL_{sr}}{d\alpha}$

Szimmetrikus légrésindukció-eloszlás esetén a kölcsönös induktivitás eloszlása \cos törvényszerűsége szerint változik.

$$L_{sr}(\alpha) = L_{rs}(\alpha) = L_{sr} \cos \alpha$$

$$m = -i_s i_r L_{sr} \sin \alpha$$

Legyen a tekercsek áramfolyama: $i_s(t) = I_s \sin \omega_s t$

$$i_r(t) = I_r \sin \omega_r t$$

$$\alpha(t) = \omega_m t + \gamma$$

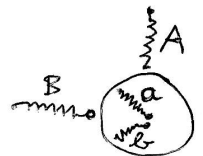
Ha azonos nyomaték előállítására, ha t valamelyik egyenlősebességűen változik.

Frekvencia feltétel:

$\omega_m = \omega_s \pm \omega_r \rightarrow$ ha az a feltétel teljesül, akkor a további légrésindukció nyomatékkal járul a gépet

A légrésindukció nyomaték előállítására többfázisú gépet építhetünk.
Többfázisú gép: álló- és forgórészre is többfázisú tekercs elhelyezkedésével, induktivitásai állandók, nyomaték előadás a kölcsönös induktivitásról függősége alapján.

$$m = i_A i_a \frac{dL_{Aa}}{d\alpha} + i_A i_b \frac{dL_{Ab}}{d\alpha} + i_B i_a \frac{dL_{Ba}}{d\alpha} + i_B i_b \frac{dL_{Bb}}{d\alpha}$$



$$L_{Aa} = L_{rs} \cos \alpha; L_{Ab} = -L_{rs} \sin \alpha; L_{Ba} = L_{rs} \sin \alpha; L_{Bb} = L_{rs} \cos \alpha$$

$\Rightarrow m = -L_{rs} I_s I_r \sin((\omega_m = \omega_s + \omega_r)t + \gamma)$ Ezzel akkor van álló nyomaték, ha $\omega_m = \omega_s - \omega_r$ teljesül, (az egyenlő sebesség feltétel)

akkor: $m(t) = M = -L_{rs} I_s I_r \sin \gamma$ állandó, nagysága γ kétféle nézőpontból függ.

Hínteréris-momentum

Kialakulása: a hínteréris lóra létre.

Csak permanens mágneses vasanyag esetén jelentős.

A forgóhúgyszeres körbe helyezett állandómágnes gyűrű minden fordulaton átmágneseződik, és egy hínteréris lóra felülettel a város hő lelethet: W_{hl} .

Számítás:

Érkez W_{m1} mechanikai munka mértéke, ami ha a huzagot jól a vesztéséget (örvényáram): $W_{m1} = W_{h1}$

A hűző forgatásához mértékes momentum:

$$M = \frac{W_{h1}}{2\pi}$$

független a hűző és a forgóén relatív sebességétől

Ha a momentum a terelőmomentumnál nagyobb, magától indul ($\nu=1$) álló helyrebből, és mérték fordulatis gyorsul állandó momentummal. Ertékben fordulatszámon a hínterérisvesztés zérus.

Az indulóhullám körbelet, az állóérmérőló répet mérték soroz, de ν_1 növeked el van telve, így állandó momentumot eredményez.

Azért a géphe hasonlít, ami a sebességgel hogy a forgó-
rés mértékem a forgóénáramot, hanem a lóraival körül létre.

Az állóérmérőló, ~~de~~ a forgóérmérőló és a forgóén együtt sorozhat,
a két hűző lóra állandó növeked.

Killemes gép mágneses merői

Állandó merő: teljes egyenárammal gerjesztve

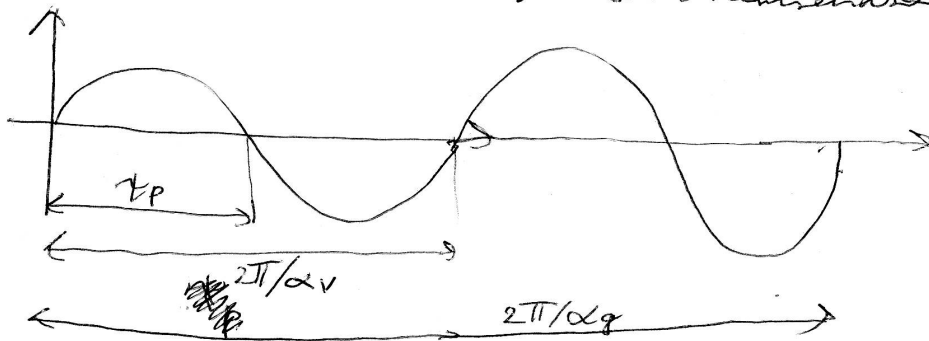
lökkelő merő: térbeli állóhullám, létforrás merőből lehet.

Feraris tétel azfelbontható két, egymással ellentétes irányban, azonos mősszebséggel forgó merőre, melyek amplitúdója a lökkelő merő amplitúdójának fele.

Forgó merő:

Sűrűsége:

- többfázisú tekercsrendszer
- többfázisú áramrendszer



Póluseltolás: $\gamma_p = \frac{D\pi}{2p} = \frac{z\pi}{z_p} \quad \alpha_v = p \cdot \alpha_g$

tulajdonságai:

- Kerület mentén állandó mősszebséggel haladó hullám.

Sűrűségi mősszebség: $\omega_0 = \frac{\omega_1}{p}$ - hatóváltó körfrekvencia

- A sűrűségi mősszebség nem függ a fázisnántól
- A nyomaték előprős feltétele az álló és forgórén pólusnám egyezése

$\omega_{0, st} = \omega_{0, rot} \Rightarrow P_{st} = P_{rot}$ „gerjesztett” tekercsrendszer

Frekvencia feltétel: $\omega_{st}|_B = \omega_{rot}|_B + \omega_{mech}$

Forgóhozgás létrehozása: ~~Állandó nyomaték~~: tengelyrel átlól kerát állandó mőssze.

$M = k_B B_r \sin \alpha$. Két mágneses merő relatív nyugodalomban van.

Váltakozóáramú tekercselés

Koncentrált és elosztott tekercselés normalizáció:

Az AC tekercselés mindig heteropóláris: mindkét pólus megtalálható tekercselés elhelyezése:

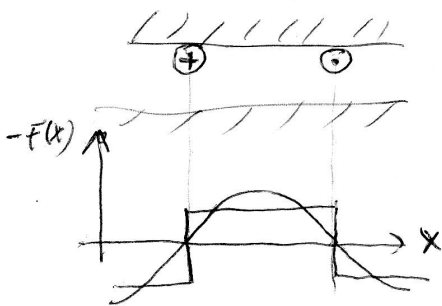
- koncentrált: radiális irányban
- elosztott tekercselés: terület mentén elhelyezve vezetők hurokól összekötése:
 - koncentrikus
 - egyenlő négyzetű

A huzalban történő elhelyezés csökkenti a lépcsős veszteséget.

Szimmetrikus rétekelés létrehozása:

- Két mód: - állandó gerjesztés és változó lépcső
 - változó gerjesztés és állandó lépcső

Integrálási útvonalat követve kapjuk a gerjesztés terület menti eloszlását, ún. lépcsős görbét.



α : fázisváltási, pólusváltási hossznyilván
 $\alpha > 1$ esetén: + szimmetrikusabb térbeli eloszlás
 - viszont az indukált feszültség kisebb.

Coxter tényező: k_c

Hosszát tekintve nem mindig nagyfrekvenciás áram áll.

$$\delta_i \approx k_c \cdot \alpha \cdot \delta_g$$

ideális

$$H_g(x) \sim \frac{\odot(x)}{\delta(x)} \rightarrow B_g(x) = \mu_0 \frac{\odot(x)}{\delta(x)}$$

$$B_g(x) \sim \cos x$$

→ Fluxus

Kiálló pólus: ←

$$\delta(x) \sim \frac{1}{\cos x}$$

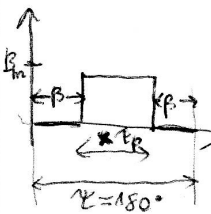
\odot = állandó

$\delta(x)$ = állandó (lépcső)

$$\odot(x) \sim \cos x$$

Az áram hoz létre szimmetrikus változó indukciót.

Légsér indukció:



Alapharmónikus: $B_{s1,max} = \frac{4}{\pi} B_{s,max}$

Felharmonikusok: $B_{s,h,max} = \frac{1}{h} \cdot \frac{4}{\pi} B_{s,max}$

$B_{1,h} = \frac{4}{\pi} \cdot B_{max} \cdot \cos \beta$ $\beta = \frac{180 - \alpha \cdot 180}{2}$

Az indukált feszültség számítása:

Z_1 : fázisonkénti vezetőszám

N_1 : fázisonkénti menetszám

$N_1 = \frac{Z_1}{2} \rightarrow Z_1 = 2N_1$

$U_i(t) = B(x) \cdot l_i \cdot v \cdot Z_1$

$U_{i,eff} = \frac{U_{i,max}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} B_{max} \cdot l_i \cdot v \cdot Z_1$

Sinuszos esetben: $B_{közep} = \frac{2}{\pi} B_{max}$

$v = R \cdot \omega_0 = \frac{p \tau_p}{\pi} \cdot \omega_0 = \frac{\tau_p}{\pi} (\omega_0 p) = \frac{\tau_p}{\pi} \cdot \omega_1$

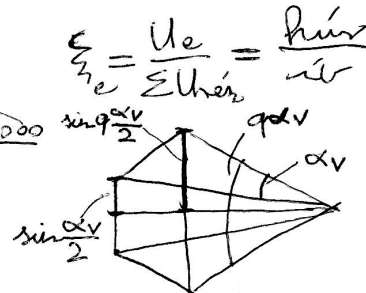
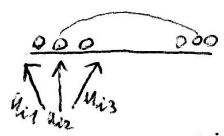
Felcsúszás: τ_p

$U_{i,eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\pi}{2} B_{köz} \right) \cdot l_i \cdot \left(\frac{\tau_p}{\pi} \cdot 2\pi f_1 \right) \cdot (2N_1) = \frac{4\pi}{2\sqrt{2}} f_1 B_{köz} l_i \tau_p = 9,44 f_1 N_1 \Phi_{max}$

Ha $q \neq 1$ $U_{i,eff} = 9,44 \cdot f_1 \cdot N_1 \cdot \xi_1 \cdot \Phi_{max}$

A felcsúszási tényező: megmutatja, hogy a felcsúszás eltoltsága következtében milyen mértékben csökken az indukált feszültség.

Eltolási tényező:

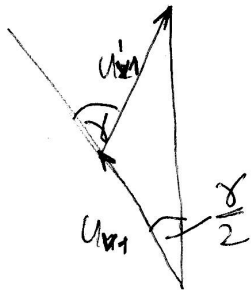
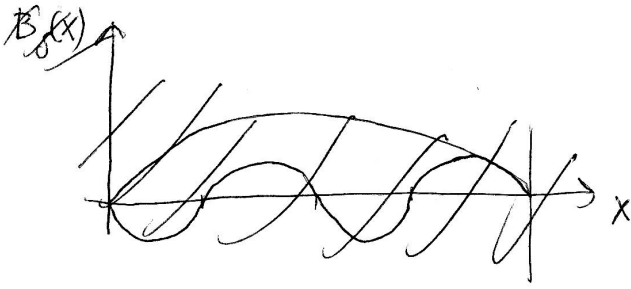


$\xi_e = \frac{U_e}{\sum U_{i,h}} = \frac{\int_{-\alpha/2}^{\alpha/2} \sin q \frac{\alpha v}{2} dx}{\int_{-\alpha/2}^{\alpha/2} \sin \frac{\alpha v}{2} dx}$

$\xi_{e1} = \frac{\sin q \frac{\alpha v}{2}}{q \sin \frac{\alpha v}{2}}$

$\xi_{eh} = \frac{\sin h \cdot q \frac{\alpha v}{2}}{q \sin h \frac{\alpha v}{2}}$

Húr / Lépcsőváltási tényező:

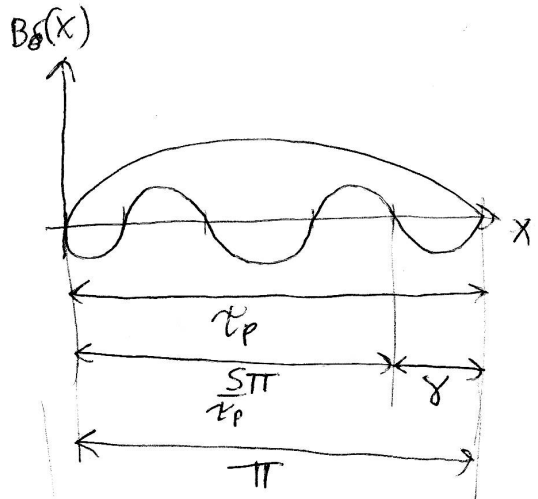


$$\zeta_{h,n} = \cos \frac{\gamma}{2} =$$

$$= \cos \frac{1}{2} \left(\pi - \frac{5}{\tau_p} \pi \right) =$$

$$= \cos \left(\frac{\pi}{2} - \frac{5}{\tau_p} \frac{\pi}{2} \right) =$$

$$= \sin \frac{5}{\tau_p} \frac{\pi}{2}$$



$$\tau_p = \pi$$

$$\gamma = \pi - \frac{5}{\tau_p} \pi$$

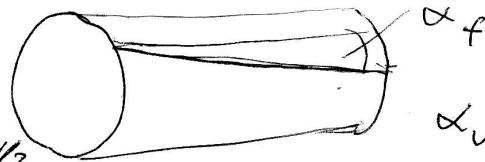
τ_p : pólusontás

$$|\zeta_{h,n}| = \left| \sin n \frac{5}{\tau_p} \frac{\pi}{2} \right| \Rightarrow \zeta_{h,n} = \underbrace{\sin \left(n \frac{\pi}{2} \right)}_{0, -1, 1} \cdot \sin \left(n \frac{5}{\tau_p} \frac{\pi}{2} \right)$$

műve, csak pólus felharmadikosa

Horonyváltási tényező:

Mivel: $\zeta_{e, \infty} = \frac{\sin \frac{b}{\tau_p} \frac{\pi}{2}}{\frac{b}{\tau_p} \frac{\pi}{2}} \Rightarrow \zeta_{f,1} = \frac{\sin \frac{\alpha_{fV}}{2}}{\frac{\alpha_{fV}}{2}}$



$$\alpha_{v,8} = p \alpha_f$$

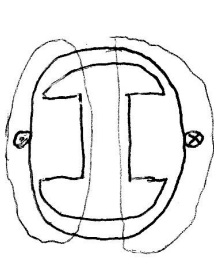
$$\alpha_{fV} = \frac{\alpha_V}{P}$$

$$\zeta_{f,n} = \frac{\sin n \frac{\alpha_{fV}}{2}}{n \cdot \frac{\alpha_{fV}}{2}}$$

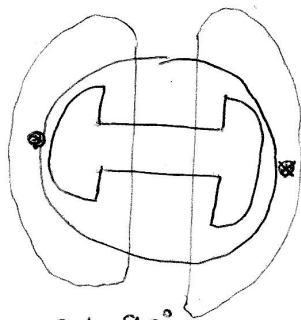
Érdő átvezetési tényező: $\zeta = \zeta_e \zeta_h \zeta_f$

Reluktanciaanyagotól

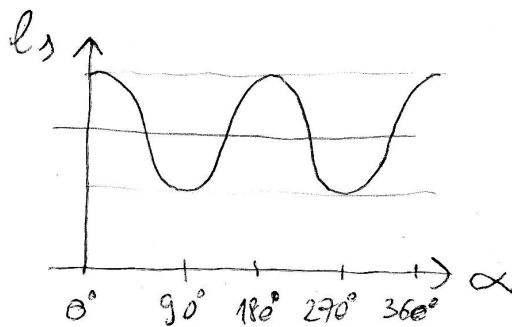
Kialló pólusú forgórénű gép: Forgás közben az állórénűtekres nem "lát", állandó mágneses ellenállást, így önindukcióját is nem állandó. Állórénűtekres öninduktivitása $\alpha=0$ helyzetben maximális (L_d); negyed fordulat után (90°) a legkisebb (L_q), de nem zérus.



$$\alpha = 0 \\ L_s = L_d$$



$$\alpha = 90^\circ \\ L_s = L_q$$



A nyomaték mátrixa:

Állórénűtekres öninduktivitása: $L_s(\alpha) = L_0 + L_2 \cos 2\alpha$

$$L_d = L_0 + L_2; \quad L_q = L_0 - L_2$$

Kölcsönös inductivitás: $L_{rs} = L_{sr} = L_{rs} \cos \alpha$

Forgórénű öninduktivitás: $L_r = \text{áll}$

A nyomaték lépéskébe helyettesítve: $m = -i_s i_r L_{rs} \sin \alpha - i_s^2 L_2 \sin 2\alpha$

Az első tagból: $\omega_m = \pm \omega_s \pm \omega_r$

Másodikból: $\omega_m = 0$, vagy $\omega_m = \pm \omega_s$, ekkor: $M_2 = \frac{I_s^2 L_2}{4} \sin 2\alpha$

Ez a nyomaték a forgórénű mágneses aszimmetriája miatt van. Más irányba más a mágneses ellenállás \rightarrow reluktancia anyagotól.

Illosz és besztirányú mágneses ellenállás és indukció:

$$R_m = \frac{R_{mq} - R_{md}}{2} = \frac{1}{2} N_s^2 \frac{L_d - L_q}{L_d L_q}$$

$$M_2 = M_r = \frac{U_s^2}{8\omega_s^2} \frac{L_d - L_q}{L_d L_q} \sin 2\gamma$$

A reluktancia nyomaték-színhon nyomaték.

- gerjesztetlen forgórésű gépben is fellép,
hiszen a rotoráram nem megepel benne.

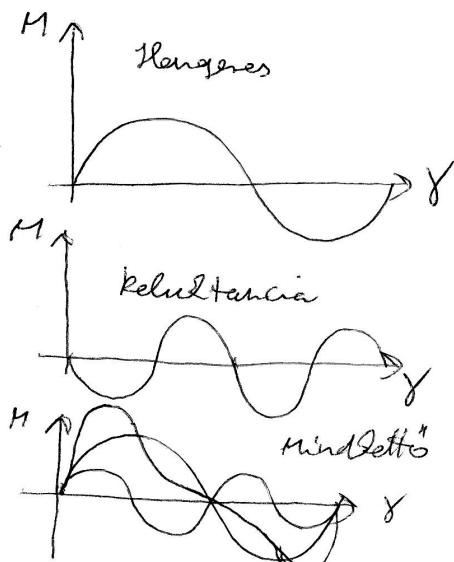
Ha gerjesztjük a álló pólusú forgórésűt:

$$m = -i_s i_r L_{rs} \sin \alpha - i_s^2 L_2 \sin 2\alpha; \text{ mindkét nyomaték önsterio hat}$$

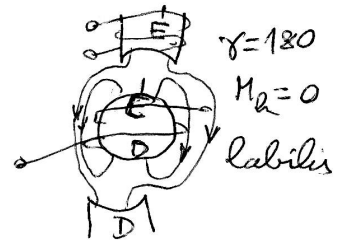
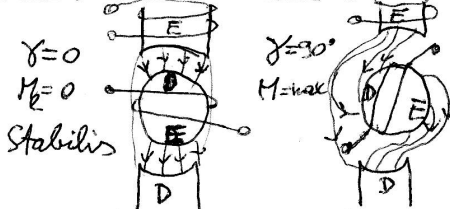
Az álló és forgórésű áramok reluktancia $m(t) = M = -L_{rs} I_s I_r \sin \gamma$

ez a hengeres gépekben is kialakul, ezért hengeres, vagy gerjesztési nyomaték is keverül.

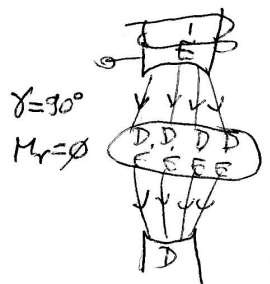
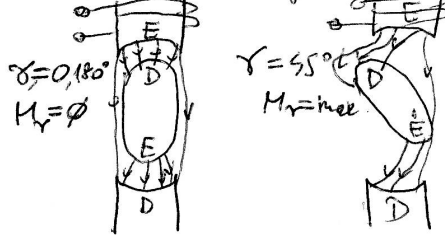
- Gerjesztetlen, álló pólusú csak reluktancia nyomaték hat
- Gerjesztett, álló pólusú mindkettő.
- Gerjesztett, hengeres gépek csak hengeres nyomaték hat



Hengeres nyomaték:



Reluktancia nyomaték:



Sinkron gép

Állagorvondékolt egyetlen fordulaton, (a szinkron fordulaton) az állórészre fordulatánán lépésről lépésre.

Működési elv: a határozott állórész 3F tekercselése a légrésben szinkron fordulaton forgóerőt hoz létre.

Az egyetlen forgórész tekercset egyenárammal tápláljuk (lehet állandó mágnes is). Így a forgórészre a forgórészre lépést áll.

$$f_r = \phi \rightarrow n_r = \phi \Rightarrow \text{a forgórészrel az állórészre kétféleképpen lehet járni}$$

$$n = n_s = n_0 = n_1$$

Unilaterális: indulatás csak egy irányba a forgórészre az állórészre

Így az állórészre ^(tekercselés) az amplitúdó, mérése az amplitúdó mérése.

Amplitúdó tekercselés = állandó állapotban feszültség indukálódik.

A szinkron gép nem tud indulni: - generátor pl. turbina segítségével
- motor pl.: az inverter frekvenciától indulja

Szinkron fordulattól elérésel szinkronizálni kell a határozatra →
Feltételek: fázisrend, frekvencia, feszültség-amplitúdó, megfelelő fázisfeszültség és fázisfeszültség.
Lengőre hajlanos, mert a határozatra (váltakozó áramú) indukált áramú felkeltik.
A forgórész áramú réven „raját” mágneses kére van → lépés kezdő felkeltést megakadályozza.

Felépítés: állórész: 3F tekercselés, lemerelt

forgórész: hengeres vagy szögletes pólushoz. Állandó állapotban nincs benne indukálás: lehet fém is a henger.

- Feltételek:
- a) a mágneses alapharmónia mágneses
 - b) időben mágneses az alapharmónia
 - c) állandó állapot (váriacioner)
 - d) szimmetria: felépítés, táplálás, terhelés
- } minden teljesülnie kell

A terhelés aszimmetriája esetén ⊕ és ⊖ sorrendű mérésekből.

Helyettesítő káposalás (Létkészítés elmélet)

Pólusfeszültség: $U_p = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_1 \xi_1 N_1 \Phi_{p,max}$

Armátúra feszültség: $U_a = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_1 \xi_1 N_1 \Phi_a$
 (indukált len, de feszültségként vesszük figyelembe) Φ_a

$\bar{U}_a = j X_a \bar{I}_a$

X_a : állórén mágneses reaktanciája

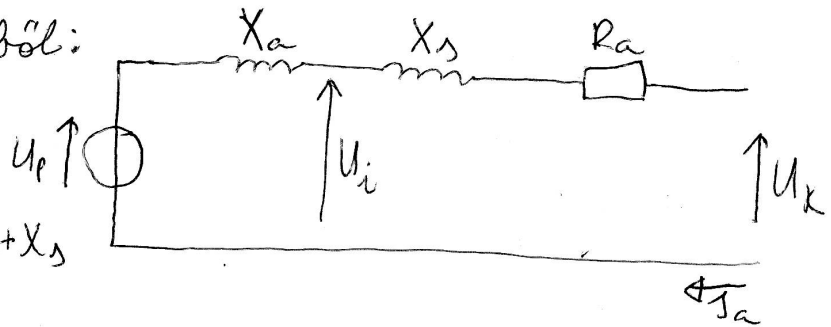
X_s : állórén teljeselési rézén r

R_a : állórén teljeselési ellenállása

$\bar{U}_k = \bar{U}_p + j X_a \bar{I}_a + j X_s \bar{I}_a + R_a \bar{I}_a$

Sűrűségi fluxus: fogfejiróság, koronypiróság, tekercsfejiróság

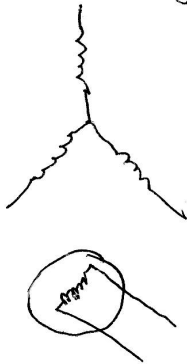
A feszültség egyenletből:



Sűrűségi reaktancia: $X_d = X_a + X_s$

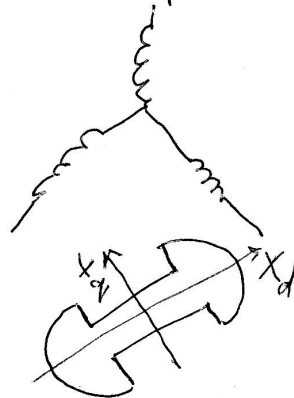
Amágneses ellenállás:

"Hengeres fogazású"



működés közben arányos

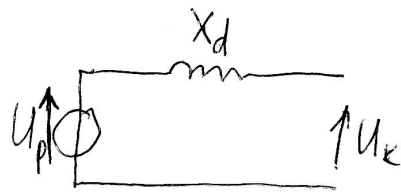
"Kétféle pólusú"



az irányokban ellentétes

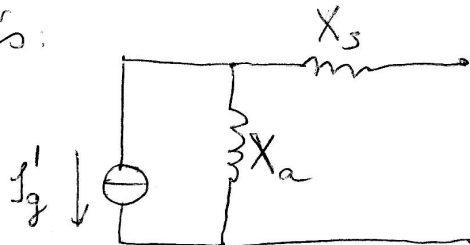
Hengeres forgórésű háromfázisú szinkron gép

Helyettesítő kapcsolás (egyszerűsített):



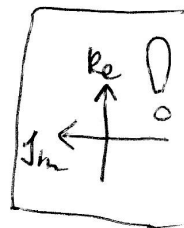
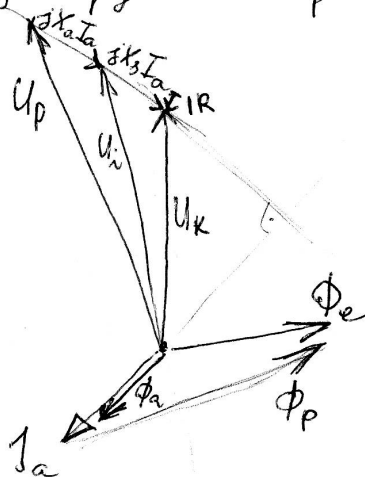
Norton kapcsolás:

Látnik, hogy nem a egyenlettel egyenlőségű a törvénye veszi a működést.



Fázorábra feszültség-egyenlet: $U_p = U_k - jX_s I_a - jX_a \bar{I}_a = \bar{U}_k + \bar{U}_s + \bar{U}_a$

- $\phi_a \parallel I_a$
- $\phi_p \perp U_p$
- $\phi_{ind} \perp U_i$



Nyomaték és teljesítmény:

Felsetételek:

feltétel: $P_{mech} = 0 \Rightarrow R_a = 0$

$X_d = X_s + X_a$

- β : ϕ helyén szög
- $\beta > 0$: motor
- $\beta < 0$: generátor

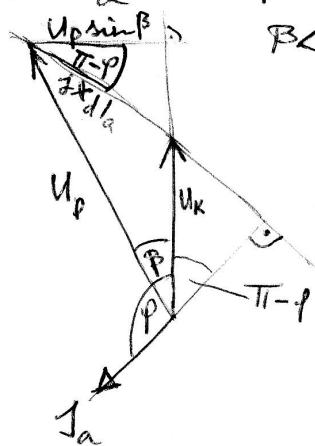
$P_{mech} \approx P_{égés} \approx P_{hatásos} \approx 3 U_k I_a \cos \phi$

Képletábrából:

$|U_p \sin \beta| = |X_d I_a \cos(\pi - \phi)|$

$I_a \cos \phi = \frac{U_p}{X_d} \sin \beta$

$P_{mech} = P_h = 3 U_k I_a \cos \phi = 3 U_k \frac{U_p}{X_d} \sin \beta$

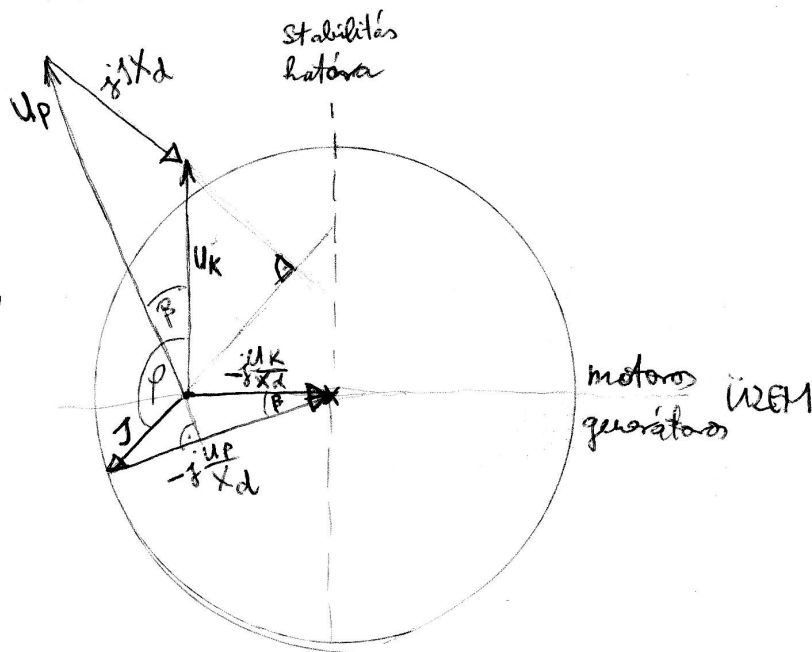


Myonster: $M = \frac{P_{mech}}{\omega_0} = \frac{P_{mech}}{\omega_1/p} = \frac{3pU_k U_p}{\omega_1 X_d} \sin \beta$

Árammunkadiagram:

$$\bar{U}_k = \bar{U}_p + jX_d \bar{I}_a \quad | : jX_d$$

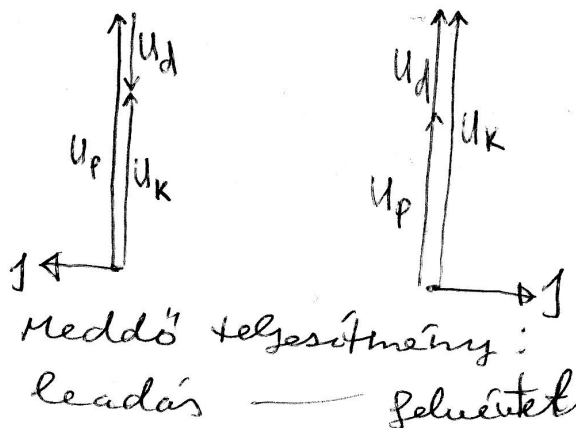
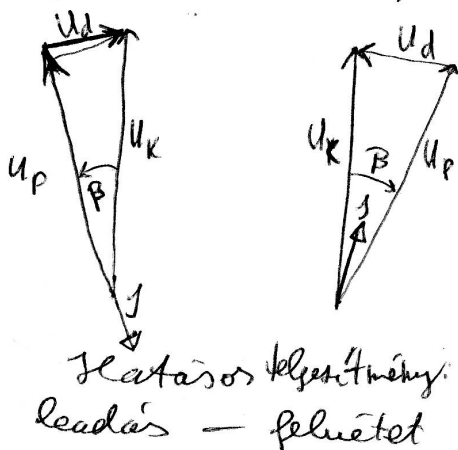
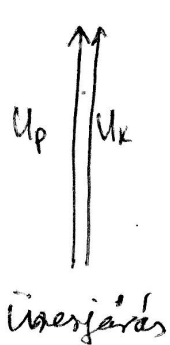
$$\bar{I}_a = \frac{\bar{U}_k}{jX_d} - \frac{\bar{U}_p}{jX_d}$$



Teljesítményfelvétel:

Ha a gépet a hálózatra műköztetjük, a hálózat és a gép között nem folyik ~~áram~~ áram. $U_d = jX_d I_a$

Szinkron gép hatásos teljesítményét a tengelyen a mechanikai teljesítmény változtatásával, a β belső szöggel lehet változtatni.



Statikus stabilitás, szinkronizációs nyomaték:

előzőből: (3 fázisú rendszer $m=3$)

$$M = \frac{3PU_k U_p}{\omega_1 X_d} \sin \beta$$

$$\text{húzóerő (max) nyomaték} = M = \frac{3P U_k U_p}{\omega_1 X_d}$$

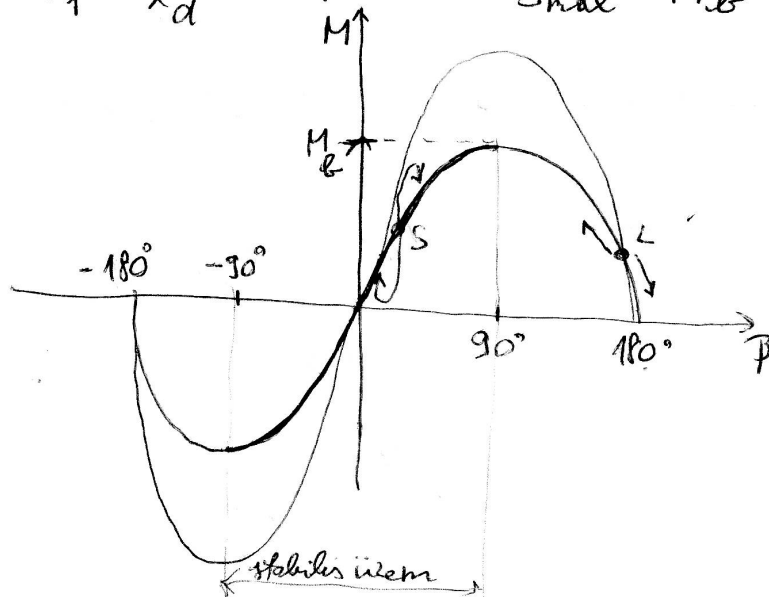
A gép statikusan stabilis, ha lassú változásokkor véges terhelésváltozáshoz a terhelési szög véges változása tartozik.

Szinkronizációs nyomaték:

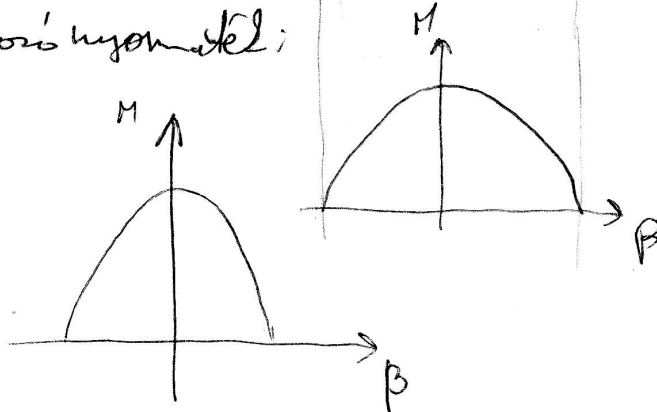
$$S = \frac{\partial M}{\partial \beta} = \frac{3P U_k U_p}{\omega_1 X_d} \cos \beta$$

$$S_{\max} = M_b$$

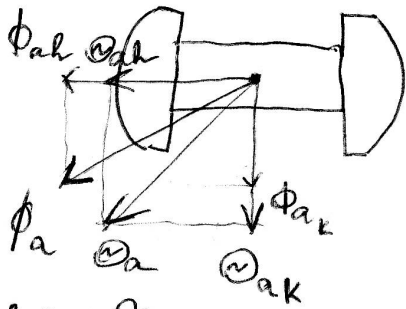
A nyomaték:



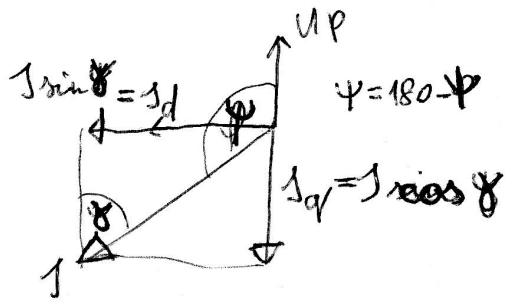
Szinkronizációs nyomaték:



(Kialló pólusú háromfázisú indukciós gép)



Armatúrafluxus és gerjesztés



d - direct
q - quadrature

armatúrááram

A d irányú mágnességet nagyobb, mint a q irányú.

Az eredő armatúrafluxus nem irányul az eredő gerjesztéssel.

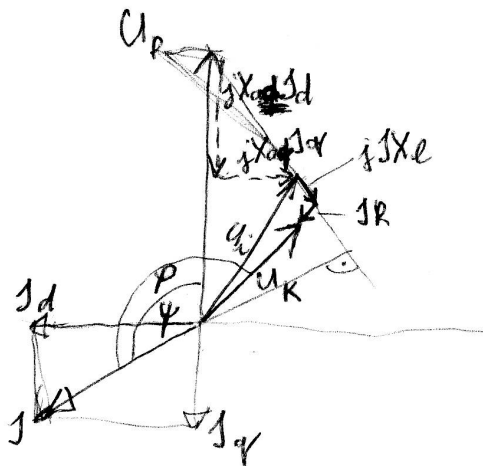
$$U_{ak} = X_h I \sin \delta$$

$$U_{ak} = X_h I \cos \delta$$

$$U_p = U - IR - jIX_e - jI_d X_{ad} - jI_q X_{aq}$$

~~.....~~

Kétfázisra:



$$P_{rel} = 3U_k^2 \frac{X_d - X_q}{2X_d X_q} \sin 2\beta$$

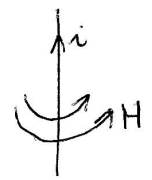
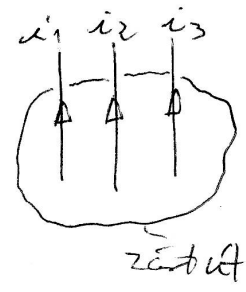
$$M_{rel} = \frac{3}{\omega_1} P_{rel}$$

Henger és reluctance együttes:

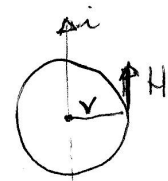
$$M = 3 \frac{P}{\omega_1} \left[\frac{U_p U_k}{X_d} \sin \beta + \frac{X_d - X_q}{2X_d X_q} U^2 \sin 2\beta \right]$$

Mághneses kör és körrel

Gerjesztési törvény:



$$\oint H dl = \int_A J dA = \sum_k i_k$$



$$H = \frac{i}{2\pi r}$$

$$B = \mu H = \mu_0 \mu_r H$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

Villamos és mághneses terek:

toroid: $\oint H dl = Ni$

$$Hl = Ni$$

$$H 2\pi r = Ni$$

Reluktancia: mághneses ellenállás

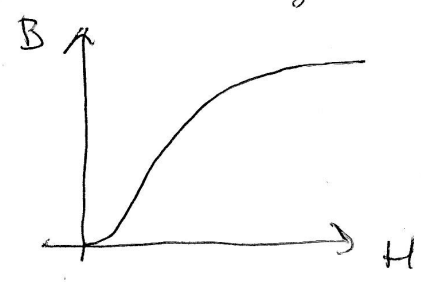
$$R = \frac{l}{\mu A} = \frac{1}{\rho}$$

Resztanancia: vezetőlapon

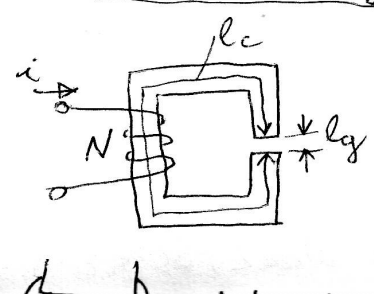
Mághneses fluxus: $\Phi = BA = \mu HA = \mu \frac{Ni}{l} A$

Mághneses-erő görbe:

Kis térerősségek esetén lineáris a mághneses fluxus.
Nagyobb térerősségek esetén nemlineáris - telítődő.



Mághneses kör légréssel:



$$R_c = \frac{l_c}{\mu_c A_c}$$

$$R_g = \frac{l_g}{\mu_g A_g}$$

Kihajlás nélkül: $A_g = A_c$

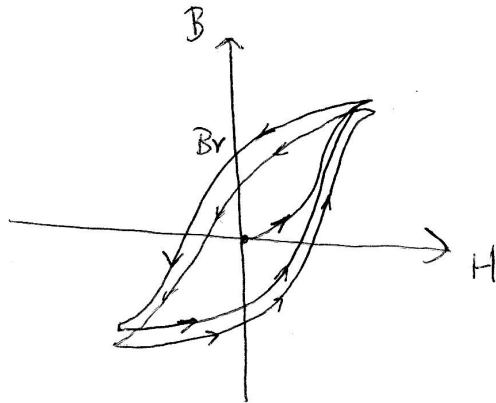
$$B_g = B_c = \frac{\Phi}{A}$$

$$\Phi = \frac{Ni}{R_c + R_g}$$

Induktivitás számítása: $\Psi = N\phi$
 Az induktivitás: $L = \frac{\Psi}{i}$

$$L = \frac{N\phi}{i} = \frac{NBA}{i} = \frac{N\mu HA}{i} = \frac{N\mu HA}{Hl/N} = \frac{N^2}{l/\mu A} = \frac{N^2}{R}$$

Histerézis:
 (B kért H-hoz képest)



Histerézis veszteség: a vasmagban veszteség felhalmozódás.

Disszipált munka (nem tárolt): $W = \int N i d\phi$

Toroidban:

$$W = \int_{B_1}^{B_2} N i dB = N \frac{Hl}{N} A dB = lA \int_{B_1}^{B_2} H dB = V_{vas} \int_{B_1}^{B_2} H dB$$

vesztés sűrűség: $W_h = \int H dB$

Histerézis veszteség: $P_h = V_{vas} \cdot W_h \cdot f$

$$P_h = K_h B_{max}^n f \quad n = 1,5 - 2,5$$

Örvingyán veszteség: $P_e = K_e B_{max}^2 f^2$

csökkentés: - vasmag-anyag ellenállásával csökkentése növelése.

- vasmag lenézés
 lassú változótor ellenanyagolható, gyors arány kisérőredőlagosra.

Vasvesztés: $P_c = P_h + P_e$

Melegíti a vasmagot.

Javítás pl.: 0,5-0,23 mm lenéz, 1,5-3% Si adalék, 50 Hz-en a histerézisvesztés a domináns.

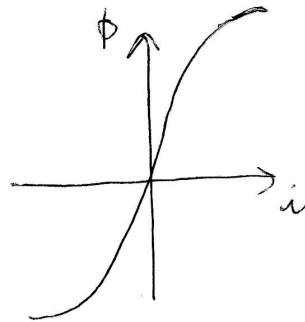
A gerjesztőáram B-H görbe nemlinearitása miatt nem lineáris.

B-H-ből: ϕ -i Toroid esetén $\Phi = BA$

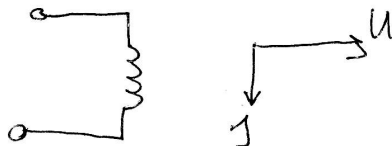
$$i = \frac{Hl}{N}$$

Kerdeségmentes karakteristika:

Férreban a fluxussal
Szimmetikus a ferültreghen
Nem lelelberil uerdeseg



A gerjesztő telbesz dínta induktívitas



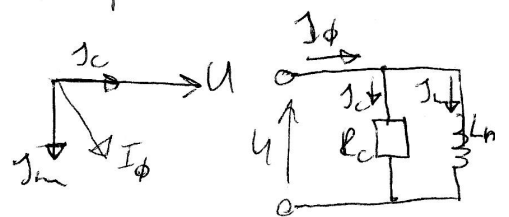
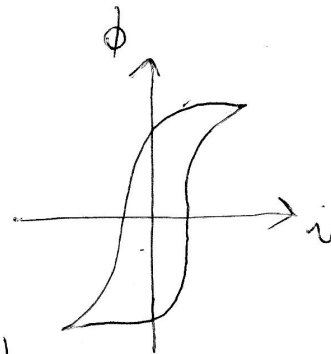
Kerdesegs karakteristika:

Sinuszos fluxus

Gerjesztőáram két komponensű:

- i_c : férreban a ferültreghen
- i_m : férreban a fluxussal (mághozzóáram)

Gerjesztő telbesz: R : vasuerteseg
 L : mághozzó induktívitas



Állandó mághesos anyagok

AlNiCo

Nagy remanens indukció
kis koerzív erő

Ferrit ötvözetek

Kis remanens indukció
Nagy koerzív erő

Ritka földfémek

Nagy remanens indukció
Nagyon nagy koerzív erő

Állandó mághesos méresek:

$$H_m l_m + H_g l_g = 0$$

$$H_m = -\frac{l_g}{l_m} H_g$$

$$\Phi = B_m A_m = B_g A_g$$

$$B_g = \mu_0 H_g$$

$$B_m = -\mu_0 \frac{A_g}{A_m} \frac{l_m}{l_g} H_m$$

mághesos képlet: $V_m = A_m l_m = \frac{B_g A_g}{B_m} \frac{H_g l_g}{H_m} = \frac{B_g^2 V_g}{\mu_0 B_m H_m}$

Transformátorok

Egyszerű:

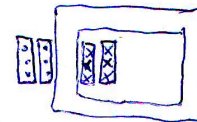
- felépítés: vasmag: (járon, orlop)

- mágneses indukciót kisebb gerjesztő áram hozza létre

- mágneses fluxusok előlét utóvalra tereli

- lemezelt, lépcsőzött

teljesítés: R_L : hengeres:

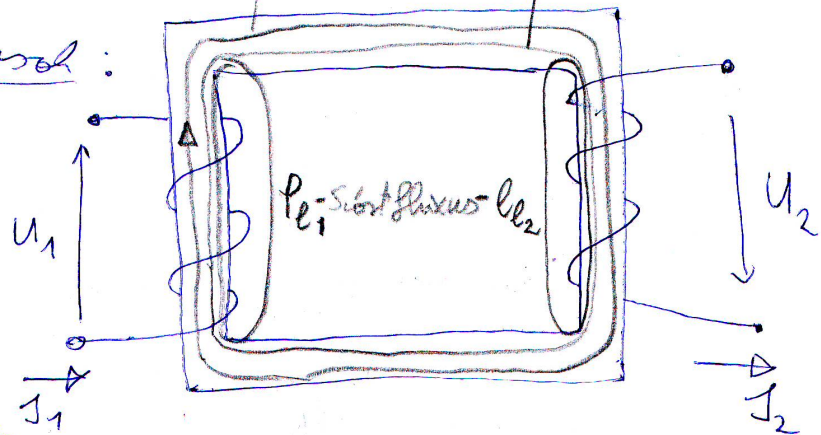


Φ_{12} - Φ_{21} -fluxusok

- lényeges mőt fluxusok:

Mivel a vas permeabilitása a levegőé 1000x-ese a Φ fluxus sokkal nagyobb, mint a mőtáram.

A teljesebb ellenállásai is mőt fluxusai nem vesnek részt az energiátvitelben.



- indukált feszültség:

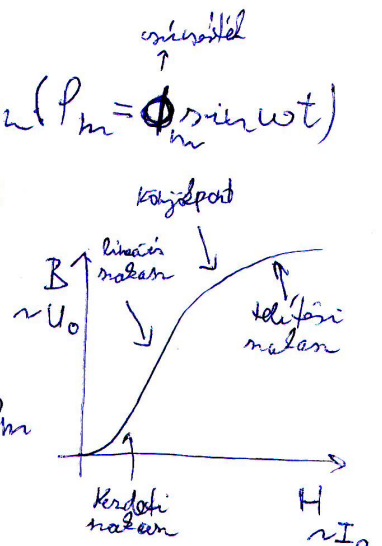
Az időben változó Φ fluxus a primer tekercsben ($\Phi_m = \Phi_m \sin \omega t$)

$$\text{Feszültségindukció: } u_{i1} = N_1 \cdot \frac{d\Phi_m}{dt} = N_1 \omega \cos \omega t$$

$$\text{Maximális: } \hat{u}_{i1} = 2\pi f N_1 \Phi_m$$

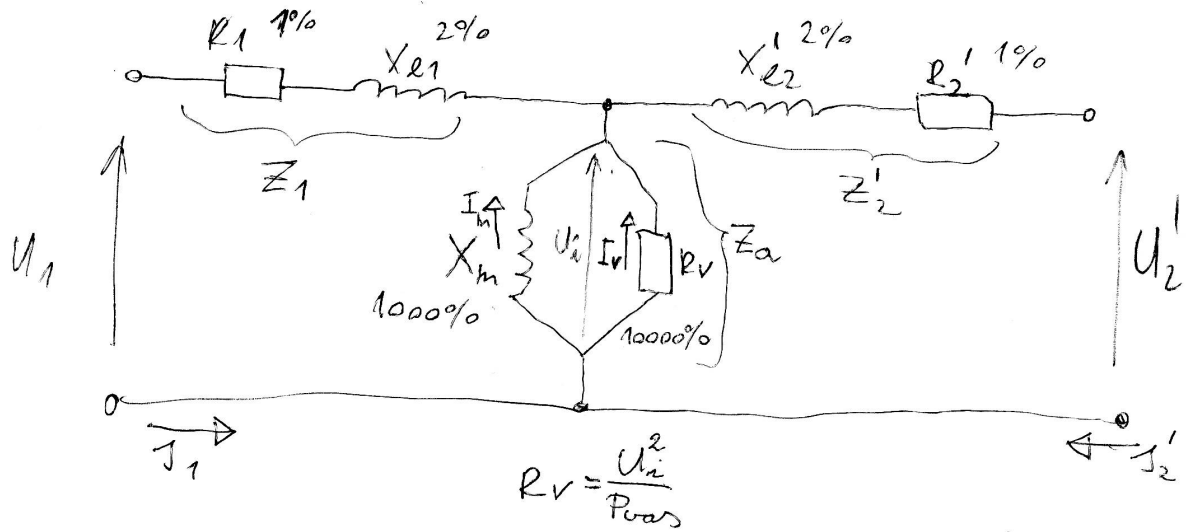
$$\text{Effektív: } u_{i1\text{eff}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f N_1 \Phi_m = 9,44 f N_1 \Phi_m$$

ha mőtáram



• Helyettesítő kapcsolás:

állandósult helyettesítő áramkör (Passzív körrelmeti helyettesítő kapcs.)



$$U_1 = I_1 R_1 + j I_1 X_{l1} + U_{i1}$$

$$U'_2 = I'_2 R'_2 + j I'_2 X_{l2} + U_{i2}$$

$$U_{i1} = U_{i2} = U_i = j X_m I_m$$

• Feszültség - Súlymérés

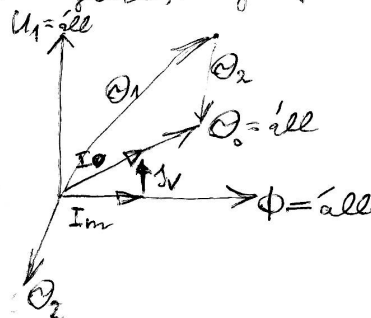
Az állandó U_i indulásánál az állandó főmágneses fluxus (Φ_m) működés, aminek létesítéséhez pedig állandó üresjárási áram (I_0) és így állandó üresjárási teljesítmény ($P_0 = I_0 N_1$) tartozik.

Az állandó kapcsolás feszültség súlymérése a transzformátor állandó üresjárási teljesítményét írja elő.

A primer és szekunder teljesítmény eredője mindig a P_0 üresjárási teljesítménnyel egyenlő, ezt úgy is el lehet mondani, hogy mindig ott van és olyan fázisban, mint a primer áramot veszi fel az áram működés van.

$$P_1 + P_2 = P_0 = \text{áll}$$

$$I_1 + I'_2 = I_0 = \text{áll}$$



Gejentes-és feljentes- invariancia:

Az idealis transformator szinonimolise

$$\text{Fluxus: } \Phi = \Lambda \Theta$$

Magness
vartoklapeses

gejentes: $\Theta = \sum_k I_k$

o Telersfluxus: $\Psi = N\Phi$

Primer es melunder telers gejentesenel hasonroszes:

$$\bar{\Theta} = N_1 \bar{I}_1 + N_2 \bar{I}_2$$

A ferultreg szinonim watt: eredo gejentes a helyesi allapottol korel fuggetlen:

$$\bar{\Theta}_{\text{eredo}} \approx \bar{\Theta}_{\text{all.}} = N_1 \bar{I}_1 + N_2 \bar{I}_2$$

Az idom szinonimolattel a menetmantol fuggoen, N_2 helyettesit-
heto N_1 -el, ha az eredeti es a helyettesito gejentesel aronnel.

Es a gejentesenel invarianciaja.

Celorsen a feljentesment is annal ueni:

$$\text{Er feljentes: } S_2 = U_2 I_2 = n U_2 \frac{I_2}{n} = U_2' I_2'$$

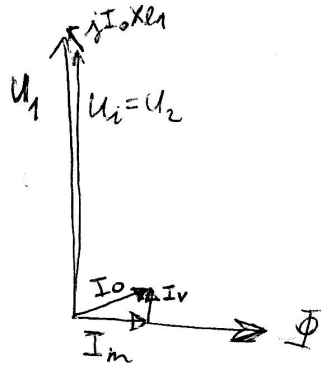
$$\text{Hasonloan: } P_{t,2} = R_2 I_2^2 = R_2' (I_2')^2$$

$$\text{da: } R_2' = n^2 R_2 ; X_2' = n^2 X_2 \Rightarrow Z_2' = n^2 Z_2$$

üresjárat:

$$I_2 = \phi$$

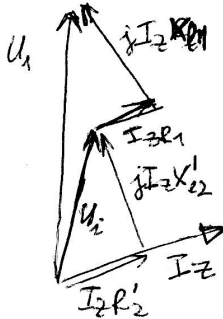
$$\frac{\Delta U}{U_{2,0}} = \frac{U_{2,0} - U_2}{U_{2,0}}$$



üzemi

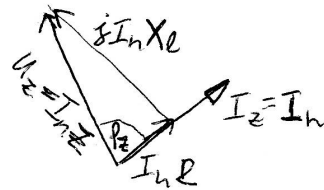
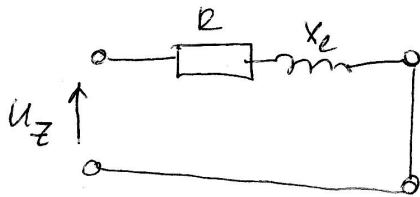
Rövidrész: Primer oldalon hévleges feszültség, szekunder oldalon szimmetrikus 3F-részes.

üzemi:



Másik rövidrész:

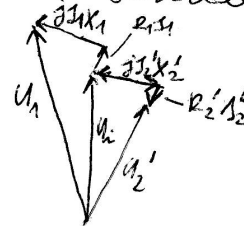
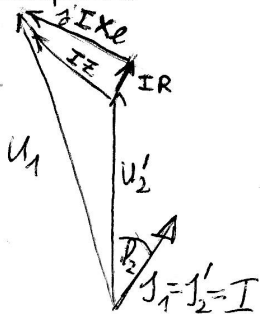
A záporcsfeszültséget addig hűveljük 0-ról, míg a másikkal oldalon a rövidrész áram el nem éri a hévleges ártéket.



$$\text{Drop} = \frac{U_Z}{U_n} \cdot 100$$

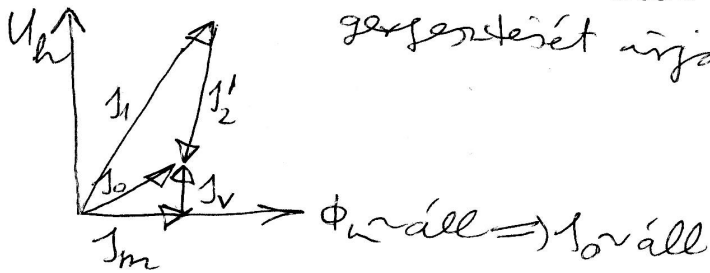
→ Megmutatja a rövidrész áram nagyságát, a feszültségvesztést

Teljesi állapot:



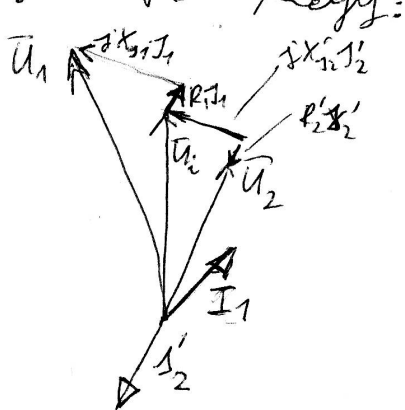
1.F.K: Farovábra: állandó U_1 indukáló áram állandó Φ_m főfluxus kell, ahhoz pedig állandó $I_{1,0}$ üresjárási áram ill. állandó üresjárási gerjesztés $\bar{\omega}_{1,0} = N_1 I_{1,0}$

Tehát $U_2 = \text{áll.}$ a transzformátor állandó üresjárási gerjesztését írja elő.



A szekunder oldalra való hatására megfelel az I_2 szekunder terhelő áram.

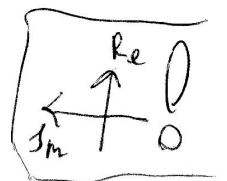
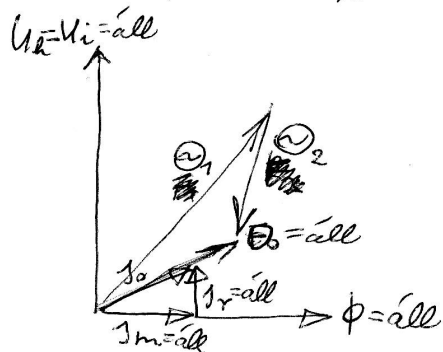
Az üresjárási gerjesztés nem változhat, így a primer gerjesztéshez (pár árammal) úgy kell beállnia, hogy teljesüljön, hogy:



2) Terhelés

$$N_1 \bar{I}_1 + N_2 \bar{I}_2 = N_1 \bar{I}_{1,0} = \text{áll}$$

$$\bar{\omega}_1 + \bar{\omega}_2 = \bar{\omega}_{1,0}$$



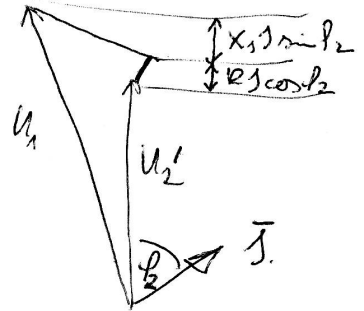
A másodorder feszültségváltozása: $\frac{\Delta U}{U_{2,0}} = \frac{U_{2,0} - U_2}{U_{2,0}}$

Primerre redukálva: ~~$\frac{\Delta U}{U_{1,0}}$~~ $\frac{\Delta U}{U_{1,n}} = \frac{U_{1,n} - U_2'}{U_{1,n}}$

$$\Delta U = U_{1,n} - U_2' \approx IR \cos \varphi_2 + IX_S \sin \varphi_2$$

Relatív egyenletben:

$$\frac{\Delta U}{U_{1,n}} = 1 \left(\frac{R}{U_{1,n}} \cos \varphi_2 + \frac{X_S}{U_{1,n}} \sin \varphi_2 \right) \cdot \frac{I_{1,n}}{I_{1,n}}$$



Átrendező:

$$\frac{\Delta U}{U_{1,n}} = \frac{1}{I_{1,n}} \left(\frac{I_{1,n} R}{U_{1,n}} \cos \varphi_2 + \frac{I_{1,n} X_S}{U_{1,n}} \sin \varphi_2 \right)$$

Tovább:

$$\Delta U = \left(\frac{I}{I_{1,n}} \right) \cdot \left(\frac{R}{\frac{U_{1,n}}{I_{1,n}}} \cos \varphi_2 + \frac{X}{\frac{U_{1,n}}{I_{1,n}}} \sin \varphi_2 \right), \text{ ha: } \frac{R}{Z_{1,n}} = \epsilon_R$$

$$\frac{X}{Z_{1,n}} = \epsilon_X$$

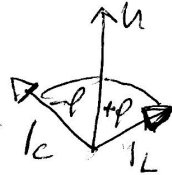
azért:

$$\epsilon = \alpha (\epsilon_R \cos \varphi_2 + \epsilon_X \sin \varphi_2)$$

A feszültség változás függ: - terheléstől (I)

$\varphi < 0$: feszítő

$\varphi > 0$: szorító



- terhelés jellegétől (kapacitív jellet a feszítés)