

ELEKTROTECHNIKA II.ZH

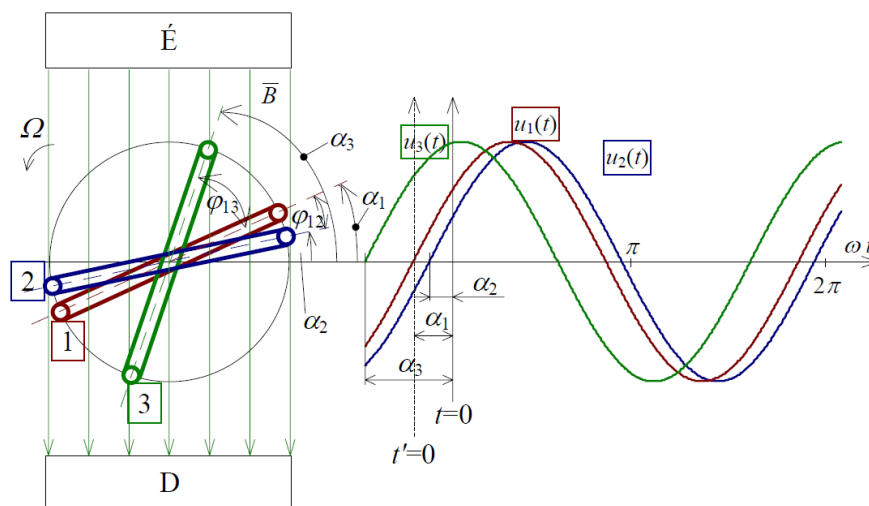
I) Egy- és háromfázisú hálózatok számítása

1. A fogyasztói pozitív irányrendszer

- fázisszög: az áram helyzete a feszültséghez képest
- felvett teljesítmény előjele pozitív
- induktív fogyasztó meddő teljesítménye pozitív, a kapacitívé negatív

2. Az egyfázisú rendszerek áramai és feszültségei.

a) Időfüggvények és fazorok



$$u_1(t) = U_m \sin(\omega t + \alpha_1) \quad u_2(t) = U_m \sin(\omega t + \alpha_2) \quad u_3(t) = U_m \sin(\omega t + \alpha_3)$$

- u_1 -hez képest:
- u_2 késik
- u_3 siet

időfüggvények:

- $i(t) = I_m^* \cos(\omega t - \varphi) = \sqrt{2} * I * \cos(\omega t - \varphi)$
- $u(t) = U_m^* \cos(\omega t) = \sqrt{2} * U * \cos(\omega t)$

3. Egyfázisú rendszer teljesítmény-fogalmai.

a) Különböző típusú fogyasztók feszültség-áram fazora és teljesítménye
teljesítmények:

- hatásos teljesítmény: $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$
- meddő teljesítmény: $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$
- látszólagos teljesítmény: $S = U \cdot I$
- $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Load type	Phasor relation	Phase angle	Power absorbed by load	
			P	Q
		$\phi = 0$	$P > 0$	$Q = 0$
		$\phi = +90^\circ$	$P = 0$	$Q > 0$
		$\phi = -90^\circ$	$P = 0$	$Q < 0$
		$0 < \phi < +90^\circ$	$P > 0$	$Q > 0$
		$-90 < \phi < 0$	$P > 0$	$Q < 0$

4. Szimmetrikus háromfázisú rendszer

a) Jellemzői, előnyös tulajdonságai.

- három fázis áram-fazorjainak vektoros összege nulla, ezért átvitel esetében nem kell visszavezetés
- ha van visszavezetés, abban nem fog áram folyni

- szimmetrikus rendszert képző három fázisfeszültség fazorjainak vektoros össze nulla
- (pillanatnyi értékben is) állandó teljesítmény

b) Áram- és feszültségviszonyai;

- feszültségfüggvények:

$$u_a(t) = \sqrt{2} * U_a * \cos(\omega * t) = u_a = \sqrt{2} * U_f * \cos(\omega * t)$$

$$u_b(t) = \sqrt{2} * U_b * \cos(\omega * t - 120^\circ) = u_a = \sqrt{2} * U_f * \cos(\omega * t - 120^\circ)$$

$$u_c(t) = \sqrt{2} * U_c * \cos(\omega * t + 120^\circ) = u_a = \sqrt{2} * U_f * \cos(\omega * t + 120^\circ)$$

- $U_a = U_b = U_c = U_f$
- a fázisok időben abc sorrendben követik egymást 120° -kal eltolva
- szimmetrikus és pozitív sorrendű $\rightarrow$ a motor a jelölt (+) irányba forog
- áramfüggvények:

$$i_a(t) = \sqrt{2} * I_a * \cos(\omega * t - \varphi)$$

$$i_b(t) = \sqrt{2} * I_b * \cos(\omega * t - 120^\circ - \varphi)$$

$$i_c(t) = \sqrt{2} * I_c * \cos(\omega * t + 120^\circ - \varphi)$$

c) Vonali és fázismennyiségek, csillag és delta kapcsolás

$$U_a = U_b = U_c = U_f$$

$$U_v = \sqrt{3} U_f$$

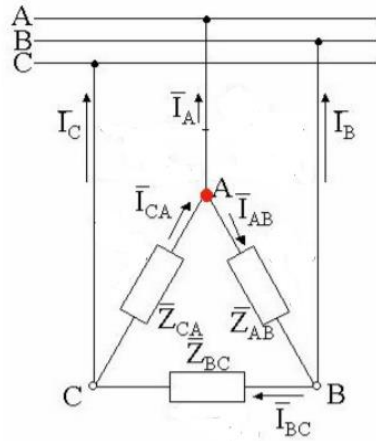
$$\bar{U}_{ab} = \bar{U}_a - \bar{U}_b$$

$$\bar{U}_{ca} = \bar{U}_c - \bar{U}_a$$

$$\bar{U}_{bc} = \bar{U}_b - \bar{U}_c$$

fázis-vonali

Delta kapcsolás:



$$\begin{aligned} \bar{I}_a &= \bar{I}_{ca} - \bar{I}_{ab} & I_{\Delta} &= \frac{I}{\sqrt{3}} \\ \bar{I}_b &= \bar{I}_{ab} - \bar{I}_{bc} & I_a &= I_b = I_c = I \\ \bar{I}_c &= \bar{I}_{bc} - \bar{I}_{ca} & I_{ab} &= I_{bc} = I_{ca} = I_{\Delta} \\ Z_{\Delta} &= \frac{U_v}{I_{\Delta}} = \frac{U_v}{I/\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}U_f}{I/\sqrt{3}} = 3 \frac{U_f}{I} = 3Z_Y \end{aligned}$$

5. Szimmetrikus háromfázisú rendszer teljesítmény összefüggései;

- A hatásos teljesítmény: időben állandó

$$\begin{aligned} p_{3f}(t) &= u_a(t)i_a(t) + u_b(t)i_b(t) + u_c(t)i_c(t) \\ P_{3f}(t) &= P_{3f} = 3U_f I \cos \varphi = 3P_{1f} \end{aligned}$$

b) A meddő teljesítmény értelmezése: előjeles összege 0

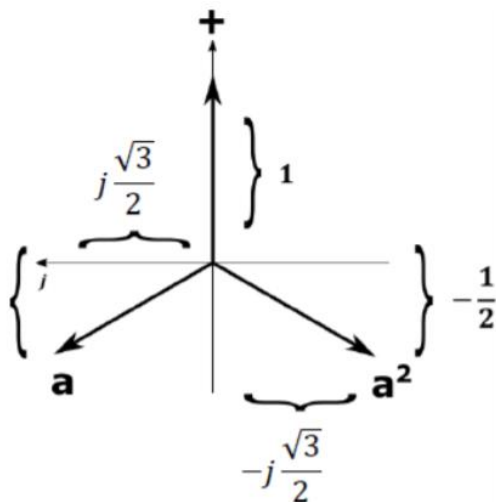
$$Q_{3f} = 3Q_{1f} = 3U_f I \sin \varphi$$

$$S_{3f} = 3S_{1f} = 3U_f I$$

II) Park-vektor, háromfázisú vektor módszere

1. Definíció. Fizikai bevezetés. Háromfázisú tekercselés térvektora

Def.: A három fázisáram egyetlen mennyiségben jellemezve



$$i = \frac{2}{3}(i_a + ai_l + a^2 i_c)$$

2. Feltételezések, követelmények

Villamos forgógépekben a légrésindukció kerületmenti (térbeli) eloszlása szinuszos. A mágnesezési görbe lineáris.

a) Elhanyagolások :

- vasveszteség
- ellenállások és induktivitások frekvencia függése

b) Térbeli kikötések

- szimmetrikus felépítésű háromfázisú tekercselés

c) Időbeli változására vonatkozóan

- nincs!

3. A háromfázisú vektor, mint transzformáció

a) Zérussorrendű mennyiségek kezelése

$$i_a = i'_a + i_0$$

$$i_b = i'_b + i_0$$

$$i_c = i'_c + i_0$$

$$i_a + i_b + i_c = 3i_0$$

a) térvektor a zérussorrendű áramot nem tartalmazza

b) Összetevés (vektorképzés, definíció)

$$\left. \begin{aligned} i_x &= \frac{2}{3} \left(i_a - \frac{1}{2} i_b - \frac{1}{2} i_c \right) \\ i_y &= j \frac{2}{3} \left(0 + \frac{\sqrt{3}}{2} i_b - \frac{\sqrt{3}}{2} i_c \right) \end{aligned} \right\} \frac{2}{3} (i_a + a i_b + a^2 i_c) = i \quad abc \rightarrow i$$

$$\frac{1}{3} (i_a + i_b + i_c) = i_0$$

c) Fázismennyiségek képzése, vetület szabály

$$\begin{aligned} i_a &= \text{Re}[i] + i_0 \\ i_b &= \text{Re}[a^2 i] + i_0 \\ i_c &= \text{Re}[a i] + i_0 \end{aligned} \quad i \rightarrow abc$$

III) Transzformátorok

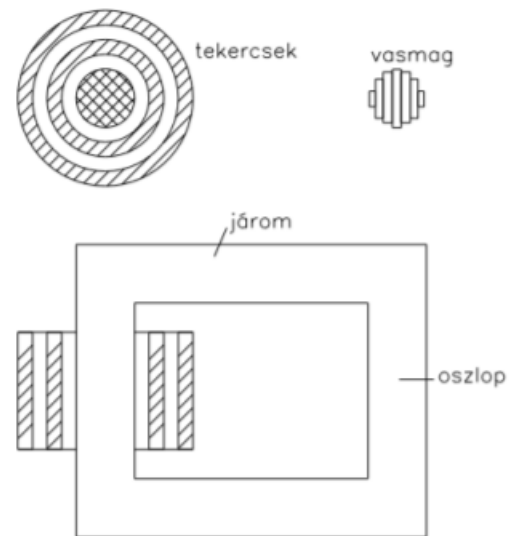
1. Bevezetés

a) Miért kell vas? Példák vasmagos és vasmentes tekercsekre.

Sokkal kisebb a szükséges gerjesztő áram, a veszteség az áram négyzetével arányos, így ez is jelentősen kisebb lesz.

b) A transzformátorok jellegzetességei és alkalmazási célja adott áramú és feszültségű teljesítményt más áramú és feszültségű teljesítménnyé alakít adott frekvencia mellett

- termelés, szállítás, felhasználás során a szükséges feszültség és áramszintek különböznek
 - termelés: generátor: ~10kV
 - szállítás: veszteség csökkentése érdekében az áramerősség csökkentése, feszültség növelése
 - felhasználás: általában kis feszültség szükséges



2. Egyfázisú transzformátorok

a) Működési elv

Működése során a transzformátor primer oldalán a váltakozó áram a vasmagban változó mágneses fluxust kelt, ami a szekunder áramkörben feszültséget indukál. A szekunder oldalra terhelést kapcsolva megindul a szekunder áram, és ezzel valósul meg az energiaátvitel.

b) A vasmag feladata, tulajdonságai, konstrukciója.

- elősegíti, hogy a szükséges mágneses mezőt minél kisebb gerjesztő áram hozza létre
- elősegíti a mágneses fluxus előírt útvonalra térését
- vasvesztés csökkentése érdekében lemezelt
- kör keresztmetszet minél jobb közelítése érdekében lépcsőzött

c) A tekercselés, tulajdonságai, konstrukciója

- A legegyszerűbb tekercselés a hengeres.
- A tekercsek egymásba vannak tolva, a két tekercs közti szoros csatolás végett.
- Kívül: nagyfeszültség, belül kisfeszültség, így könnyebb a szigetelés

d) Fő- és szórt fluxus

A főfluxus az, amelyik a vasmag középvonala mentén halad, a szórt pedig csak a tekercsek környezetében jelenik meg.

e) Az indukált feszültség számítása, menetszám áttétel, feszültség áttétel

$$\bar{U}_{1,imax} = j\omega N_1 \bar{\Phi}_m$$

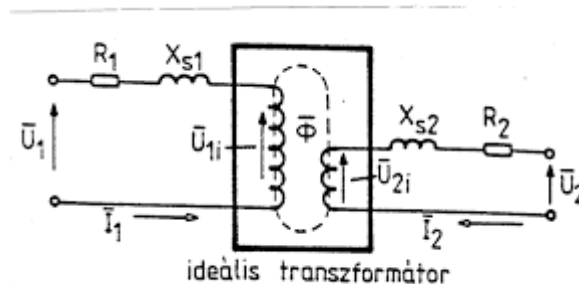
$$\bar{U}_{2,imax} = j\omega N_2 \bar{\Phi}_m$$

menetszám áttétel: (≠feszültség áttétel!)

$$n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_{1i,m}}{U_{2i,m}}$$

f) Helyettesítő vázlat származtatása

2.f.1. Az ideális transzformátor, ellenállások és szórás reaktanciák



R: tekercsek ohmos ellenállása

Xs: szórt fluxus által indukált feszültséget modellezi

2.f.1.1. Feszültség-egyenletek, viszonylagos egységek

$$\bar{U}_1 = R_1 \bar{I}_1 + jX_{s1} \bar{I}_1 + \bar{U}_{1,i}$$

$$\bar{U}_2 = R_2 \bar{I}_2 + jX_{s2} \bar{I}_2 + \bar{U}_{2,i}$$

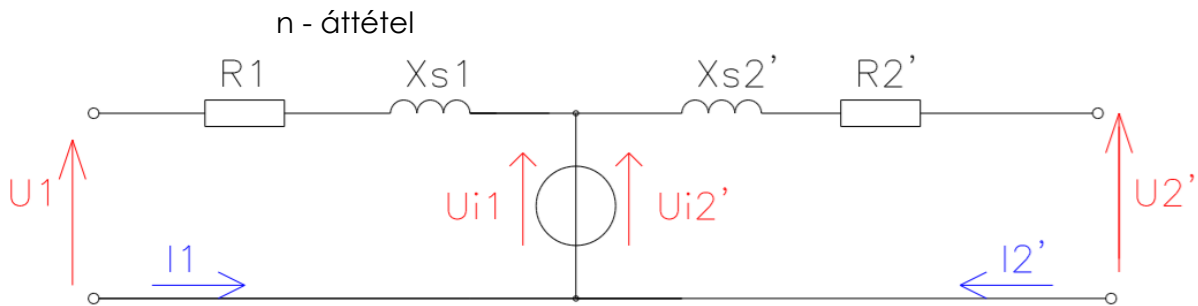
névleges impedancia: $Z_{1,n} |fázis| = \frac{U_{1,n}}{I_{1,n}} |fázis|$

2.f.2. Az ideális transzformátor kiküszöbölése

$$N_1 I_1 = N_1' I_1' \quad N_2 I_2 = N_1 \cdot I_2' \quad \rightarrow \quad I_2' = I_2 \frac{N_2}{N_1}$$

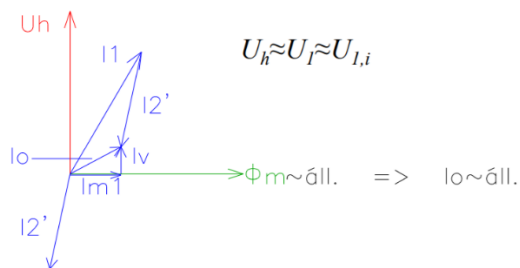
$$S_2 = U_2' I_2' \quad P_{t,2} = R_2' \cdot (I_2')^2$$

$$n = \frac{N_1}{N_2}; \quad I_2' = \frac{I_2}{n}; \quad U_2' = U_2 \cdot n; \quad R_2' = R_2 \cdot n^2$$



g) Fazorábra: üresjárási és terhelési állapot

Üresjárási állapot:



h) A drop fogalma

Drop: a rövidzárási feszültségnek a névleges feszültséghez viszonyított százalékos értéke:

$$\varepsilon = \frac{U_{rz}}{U_2} \cdot 100\%$$

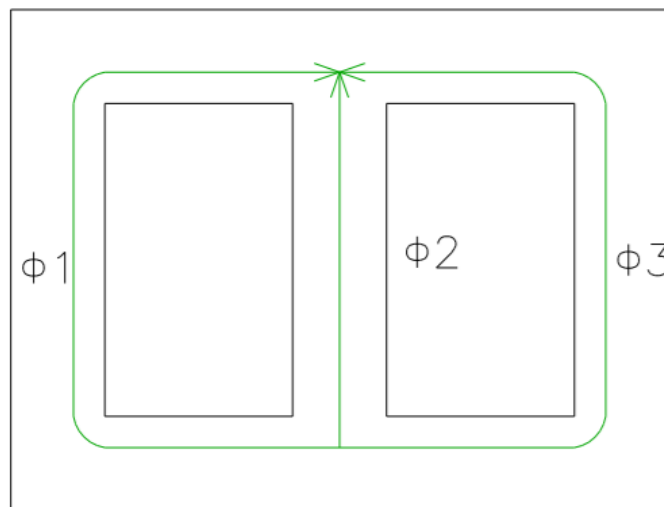
3. Háromfázisú transzformátorok

a) Származtatás,

3.a.1. 3 db egyfázisú transzformátorból

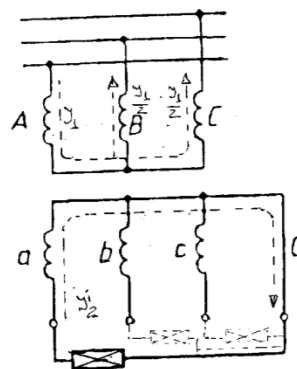
3db egyfázisú transzformátor primer és szekuner tekercseinek láncolása → hiba esetén elég az egyiket kicserélni

3.a.2. Háromfázisú egységből



b) Kapcsolási módjai

- csillag
- delta
- zigzag



c) Aszimmetrikus terhelés, kiegyenlített gerjesztés, a feszültségrendszer aszimmetriája

A fázisokat az egyes utcák, házak között elosztják. Az egyes fázisok fogyasztói csoportjai nem egyformán terhelik a hálózatot, így aszimmetrikus terheléseloszlás jön létre, ami kiegyenlített gerjesztést okoz és aszimmetrikussá teszi a feszültséget a különböző fázisokon lévő fogyasztókon (egyiken nagyobb, másikon kisebb).

3.c.1. A háromszög-csillag kapcsolás, mint megoldás

a primer fázisáram úgy folyik vissza a hálózatba, hogy másik fázistekercsen nem megy keresztül. Így kiegyenlített oszlopgerjesztések nem keletkeznek.

IV) Forgómező, aszinkrongép

1. Forgómezős alapok

- a) Tekercsek terei
- DC táplálás: állandó mágneses mező
 - AC táplálás: lüktető mágneses mező
 - 3 tekercs 3 fázisú táplálás esetén: egyenletes forgó mágneses mező
- b) Forgó mező tulajdonságai:
- kerület mentén állandó szögsebesség
 - szinkron szögsebesség
- c) Frekvenciafeltétel:

$$\omega_s = \omega_r + \omega_m$$

állórész mező szögsebessége a forgórészhez képest = forgórész mező szögsebessége a forgórészhez képest + forgórész szögsebessége az állórészhez képest

- d) Szinkron fordulatszám:

$$n_s = \frac{60f}{p}$$

2. Aszinkrongép (=indukciós gép)

- a) tipikus fordulatszám: $n = 12-18 \text{ kRPM}$
 $P = M\omega \rightarrow$ adott nyomaték mellett nagyobb teljesítményhez nagyobb fordulatszám kell
- b) aszinkrongép részei:
- státor: állórész
 - rotor: forgórész
- c) aszinkrongép működése:
- állórész: általában többfázisú tekercselés $\rightarrow$ forgó mágneses mezőt hoz létre
 - a forgó mágneses mező erővonalai metszik a forgórész tekercseit és abban feszültséget indukálnak $\rightarrow$ áram kezd folyni
 - Lenz-törvénye: indukált áram igyekszik megállítani az őt létrehozó hatást $\rightarrow$ elkezd forogni a rotor
- d) kalicka:
- egyszerű kialakítási módja a rotornak
 - kis karbantartási igényű
 - kialakítása: rudak+ két végükön összekötő, rövidrezáró gyűrűk
- e) frekvenciafeltétel:

$$n_{sz} = n_{rot} + n_{mech}$$

aszinkron gép minden fordulatszámon képes működni, kivéve szinkron fordulatszámon, mert akkor nincs indukció

f) szlip:

A forgórész és az állórész mágneses mezejének fordulatszáma közti különbsége a szlip

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

$$s = \frac{n_2}{n_1} = \frac{f_2}{f_1}$$

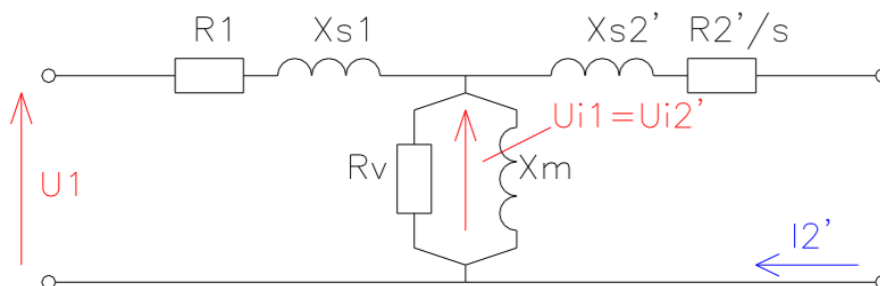
g) üzemmódok definiálása szlippel:

- motor: $0 < s < 1$
- generátor: $s < 0$
- fék: $s > 1$

h) szlipfrekvencia:

- $f_{rot} = f_{sz} \cdot s$

i) helyettesítőkép:



R_1 : sztátor tekercs ellenállás

R_v : vasveszteségi ellenállás

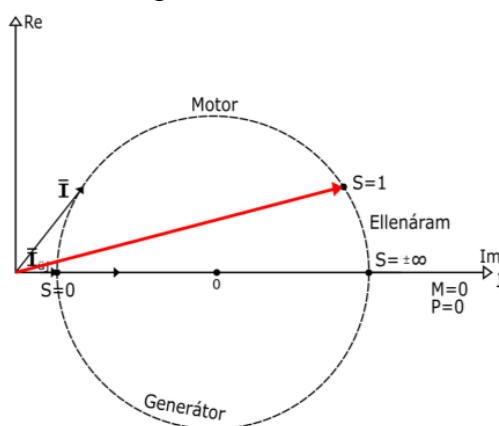
R_2' : rotor tekercselés ellenállás

X_{s1} : sztátor tekecselés szórási reaktancia

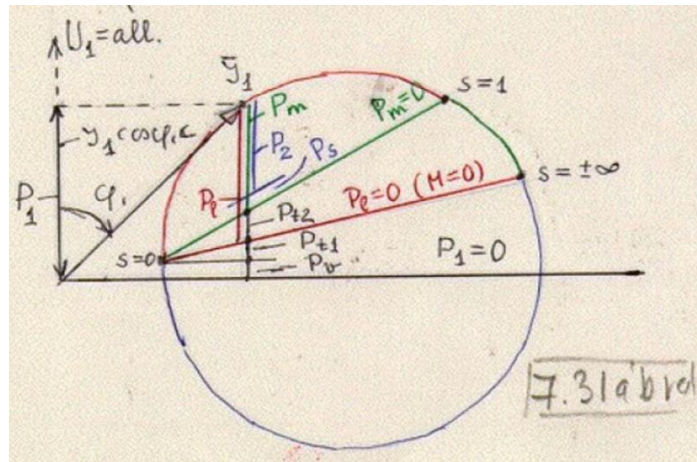
X_m : főmező reaktancia

X_{s2}' : rotor tekercselés reaktancia

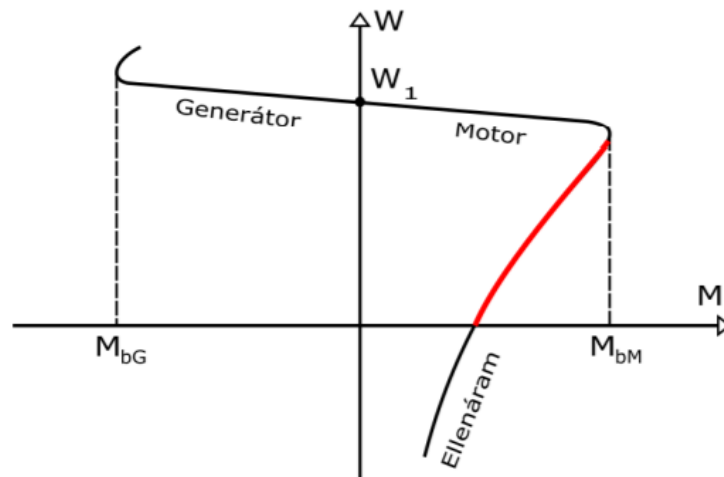
j) áramvektor diagram:



k) áramdiagram és teljesítmény viszonyok:



l) nyomaték-fordulatszám jelleggörbe:



pirossal kijelölt szakasz: labilis szakasz: elhagyhatja a munkapontot, emiatt nem lesz képes visszatérni oda

V) Szinkrongép

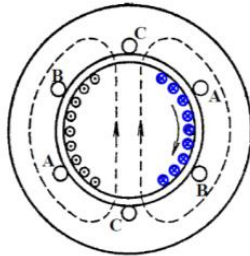
1. Szinkron gép felépítése, működési elve

- Az állórész forgó mezeje összetapad a forgó rész állandó mezejével
- Kizárólag szinkron fordulatszámon képes működni

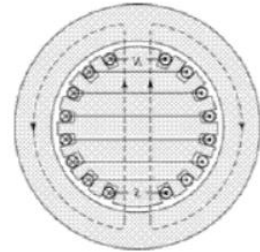
a) Az egyes részek kialakítása, táplálása

2.a.1. Hengeres és kiálló pólusú kivitel

hengeres:



kiálló pólusú:



b) Motorok indulása

nagyon gyors változás → rotor nem tudja követni → kétféle megoldás:
inverter / indítókalicka

c) Alkalmazásai

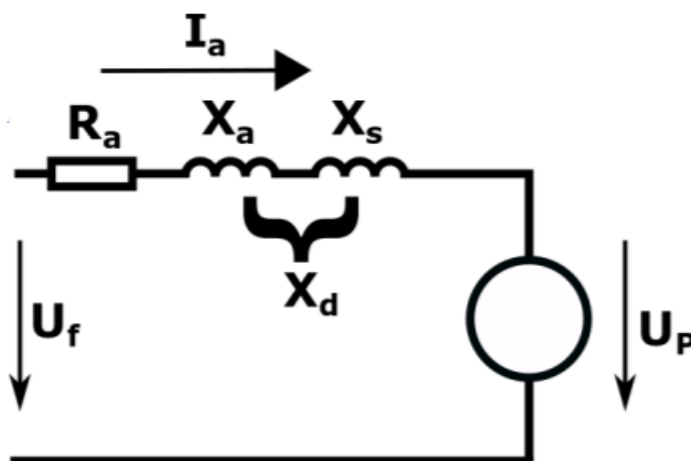
villamos energiatermelés: generátor

2. Szinkron gép helyettesítő kapcsolása és üzeme

a) A helyettesítő kapcsolás:

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

armatúrafeszültség: $U_a = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_1 \xi_1 N_1 \phi_a$



$$\bar{U}_k = \bar{U}_p + jX_a \bar{I}_a + jX_s \bar{I}_a + R \cdot \bar{I}_a$$

b) A paraméterek jelentése

X_a : armatúra reaktancia

X_s : szórási reaktancia

X_d : szinkron reaktancia

c) A paraméterek nagyságrendje (viszonylagos egységben)

$R \sim 1$, elhanyagolható

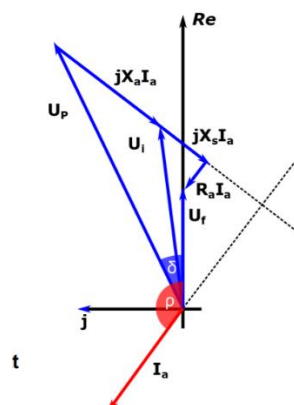
$X_s \sim 5-15\%$

$X_d \sim 70-250\%$

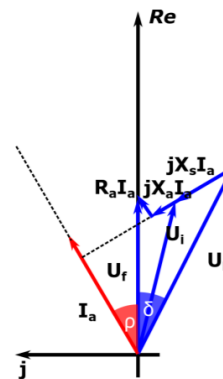
3. Szinkron gép vektorábrája

a) Motoros, generátoros, alulgerjesztett, túlgerjesztett, üresjárási, terhelt esetek (az ellenállás elhanyagolásával)

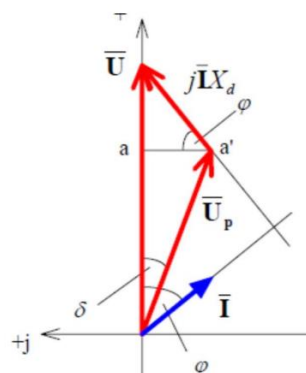
generátor túlgerjesztett:



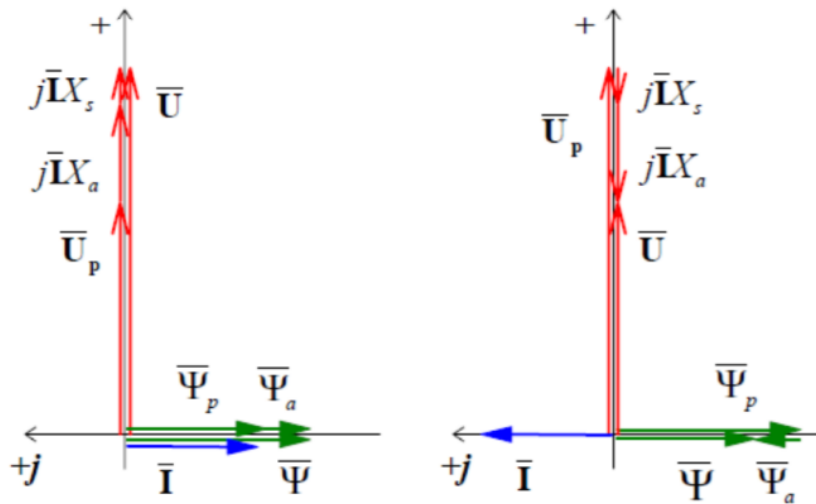
motor túlgerjesztett:



motor alulgerjesztett:

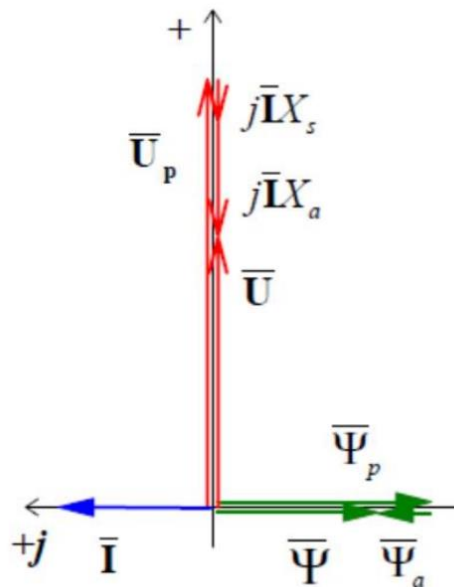


üresjárási vektorábra alul- és túlgerjesztett állapotban:

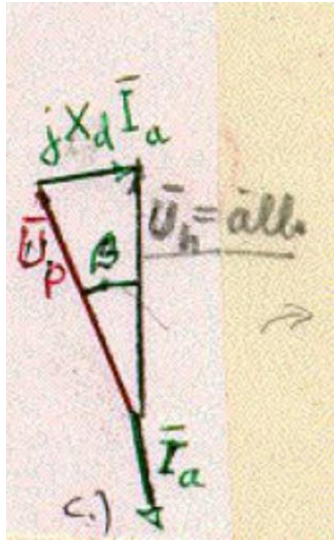


4. Szinkron generátor terhelés felvétele

a) Meddőleadás gerjesztés növeléssel



b) Hatásos teljesítmény leadás tengely oldalról beavatkozva

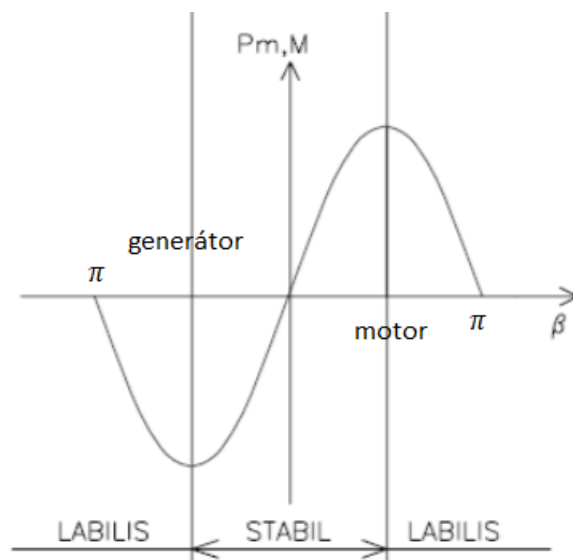


5. Szinkron gép nyomatéka

$$M = \frac{\text{Re ch}}{\omega_0} = \frac{3p}{\omega_1} \cdot \frac{U \cdot U_p}{x_d} \sin \delta$$

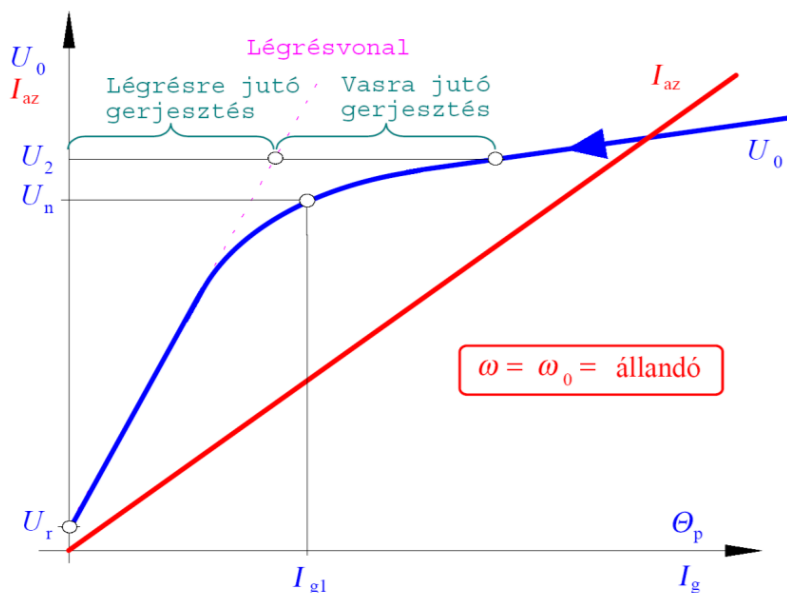
$\delta > 0$ motor $\delta < 0$: generátor

6. Szinkron gép stabilitása



7. Szinkron gép üresjárási és rövidzárási mérése

- Az üresjárási jelleggörbe az n_0 szinkron fordulatszámon forgatott, terheletlen gép U_0 kapocsfeszültségének változását mutatja az I_g gerjesztőáram függvényében $U_0(I_g)$. Ilyenkor nem folyik armatúra áram, nincs feszültség esés, U_0 megegyezik az adott gerjesztéshez tartozó U_p pólusfeszültséggel. A jelleggörbét generátoros üzemben szokás felvenni úgy, hogy gépet először a névleges feszültség kb. 125 %-ára gerjesztjük fel, majd a gerjesztőáramot monoton csökkentve mérjük az összetartozó $U_0(I_g)$ értékeket. Az üresjárási jelleggörbe egy tipikus mágnesezési jelleggörbe. A kezdeti lineáris szakaszon a gerjesztés a légrés mágnesezésére fordítódik (légrésvonal). Egy adott indukció felett megkezdődik a vasmagra jutó gerjesztésrész rohamos növekedése (telítődés). Üresjárásban a gépben keletkező veszteségeket a hajtómotor fedezi. Ezek: a vasvesztés, valamint a súrlódási és ventilációs veszteség.
- A rövidzárási jelleggörbe az I_a armatúraáram változását a gerjesztőáram függvényében ábrázolja, rövidrezárt armatúra kapcsok és állandó n_0 fordulatszám esetén. A jelleggörbe mérésel történő felvételekor a gép gerjesztését nulláról fokozatosan növelve, mérjük a gerjesztő- és az armatúraáramot. Rövidzáráásban a gépet az X_d szinkron reaktancia terheli, ezért a reaktancia állandósága miatt a rövidzárási áram egyenesen arányos a gerjesztőárammal.



A gép üresjárási és rövidzárási méréseiből az X_d szinkron reaktanciát határozhatjuk meg: Adott gerjesztéshez leolvassuk az U_0 és I_{az} értékeket, és X_d kiszámolható:

$$X_d = \frac{U_p}{I_{a,z}}$$

VI) Frekvenciaváltós hajtások

1. Aszinkron gép fordulatszám változtatási lehetőségei

$$n = \frac{f_1}{p} * (1 - s)$$

- s: Közvetlenül nem látszik
 - R_r -rel: veszteséges, csak csúszógyűrűs
 - U_1 -el: jelentősen csökkenti a terhelhetőséget, $M \sim U^2$
 - Forgórész körüli teljesítménnyel
- p: Csak diszkrét (egész) érték
 - Nehézkes (különleges gép kell)
- f_1 : Ez az egyetlen, ami
 - széles fordulatszám tartományban
 - Kalickás forgórészre is jó
 - Veszteségmentes fordulatszám változtatás

2. Állandó fluxus biztosítása frekvenciaváltós táplálásnál (U/f)

Faraday törvénye: $U_i \sim \frac{d\psi}{dt} \rightarrow U_i \sim \omega * \psi$

Éppen ezért állandó fluxushoz állandó U/f kell!

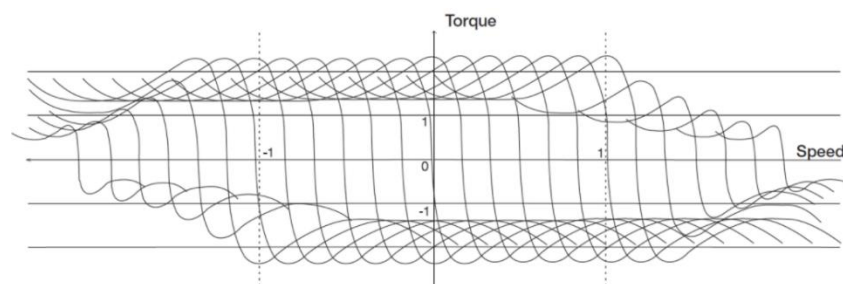
3. A mezőgyengítés szükségessége névlegesnél nagyobb fordulatszámon

a) A mezőgyengítés hatása a nyomatékban való terhelhetőségre

Ha a névleges fölé növeljük a fordulatszámot, a feszültség nem mehet tovább, állandó marad. Ezért U/f csökken, vagyis a fluxus csökken: mezőgyengítés. A terhelhetőség így csökkenni fog.

b) A fordulatszám-nyomaték jelleggörbék alakulása

- Frekvenciaváltóról táplált aszinkron gép
 - A jelleggörbék párhuzamosan eltolódnak
 - Névleges fordulatszám felett mezőgyengítés kell
 - A terhelhetőség csökken



4. Rendszertervezés, kiválasztás

a) Alkalmazáshoz

Gyakorlatilag mindig van fordulatszám változtatási feladat.

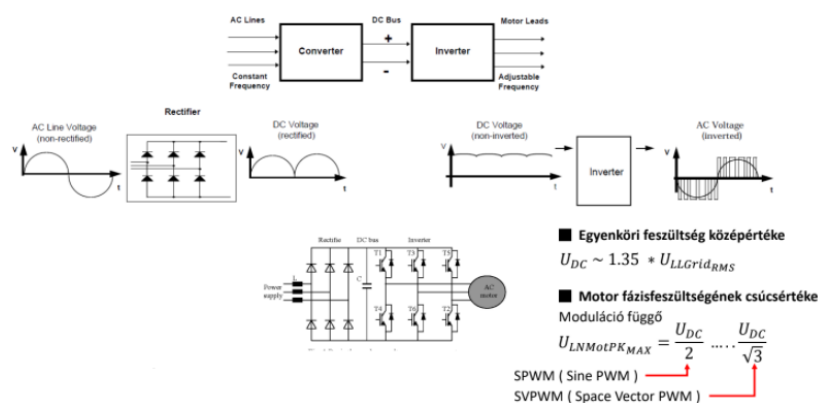
- Jármű,
- szivattyú (szabályozandó szállítással, fojtással szemben nagy energiamegtakarítás)
- szerszámgép hajtások és robot hajtások (pozicionálás, nagy dinamikai igény, koordinált mozgatás több tengelyen),
- szélgenerátor (illeszteni kell a szélesebbességhez)
- emelő berendezések, pl. daru, lift (pontosság, álló állapot nyomaték)
- szállító berendezések, pl. szállítószalag (együttfutás, szinkronizálás)
- ipari berendezések, pl. hengerművek, darálók (nyomatéklökések elviselése, dinamika)
- Az optimális és nagy hatásfokú működéshez elengedhetetlen a frekvenciaváltó példák).

b) Hűtés

Váltakozó sebességű hajtásnál figyelni kell a hűtésre. Az önszellőzés sokszor nem elég.

5. A közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltó

a) Felépítése



b) Működése (mivel mit vezérlünk)

5.b.1. Egyszerű (six-step) vezérlés

U_{DC} váltztatásával az alapharmonikus feszültséget vezéreljük

5.b.2. ISZM (PWM) moduláció

Az ISZM-mel változtatjuk az alapharmikus feszültséget

5.b.3. A kiadható feszültség vektorok

- Fázisfeszültség
- Alapharmonikus feszültség
- Feszültség Park-vektor

VII) Egyenáramú gép

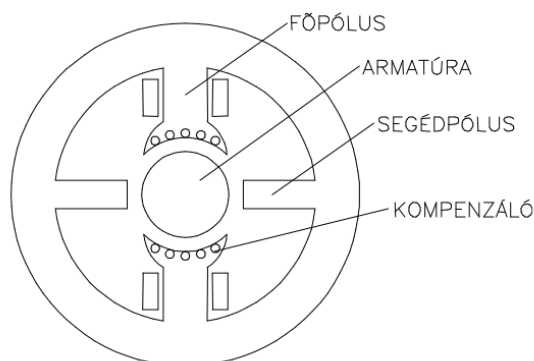
1. A frekvencia feltétel kielégítése

Az egyenáramú gépben az álló- és forgórész egyenáramú táplálásával a frekvenciafeltételt nem lehet kielégíteni. Ezt hidaljuk át a kommutátorral, amely a $0 \rightarrow \omega_r$ átalakítással minden fordulatszámon elvégzi, így frekvenciafeltétel $\omega_s = 0$ esetét minden fordulatszámon biztosítja. Így a frekvenciafeltétel:

$$\omega_m = -\omega_r$$

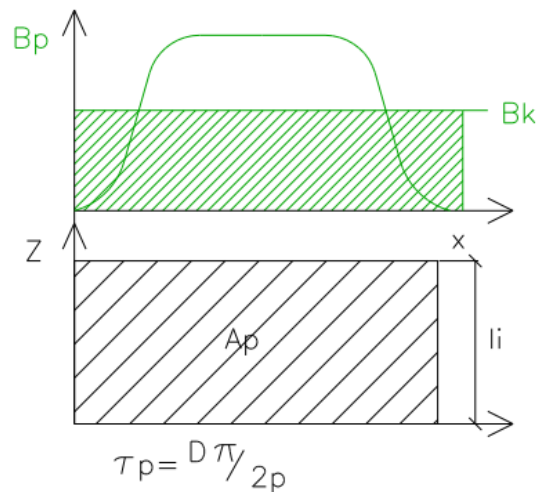
2. Egyenáramú gép felépítése, kialakítása

Az egyenáramú gép valójában nem gép, hanem szinkron gépből, mechanikai áramirányítóból és vezérlésből álló rendszer. Ebből következően belülről a legbonyolultabb fizikájú, ám „kívülről” a legegyszerűbb viselkedésű gép.



a) Pólusok

Az állórészen helyezük el a pólusokat (fordítva a szinkron géphez képest)



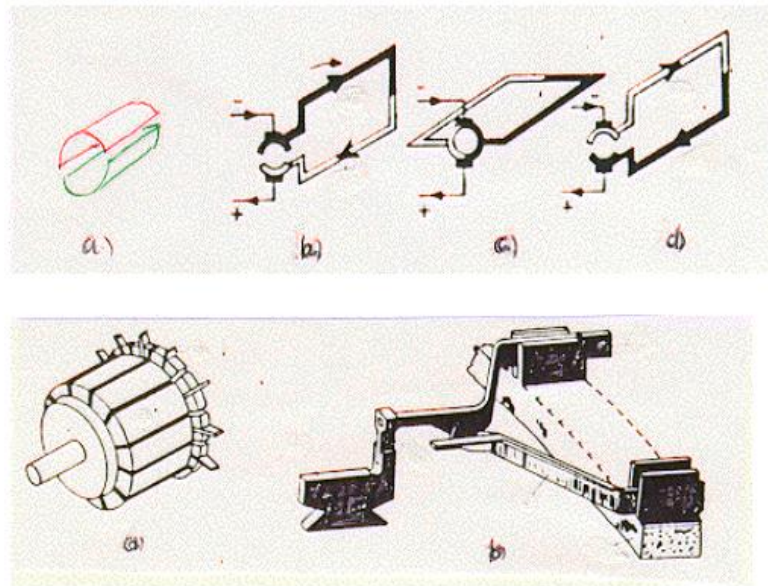
Az ábra felső részén a pólusmező térbeli eloszlása, az alsó részén pedig a pólus méretei láthatók az armatura felületén.

b) Armatúra

A forgórészen helyezkedik el. Az armatúra mező mindig be szeretne forogni az állórész pólusrendszerének a tengelyébe, de ezt a kommutátor nem engedi; a mezőt mindig annyival "forgatja vissza" amennyire a vezetők előre forogtak.

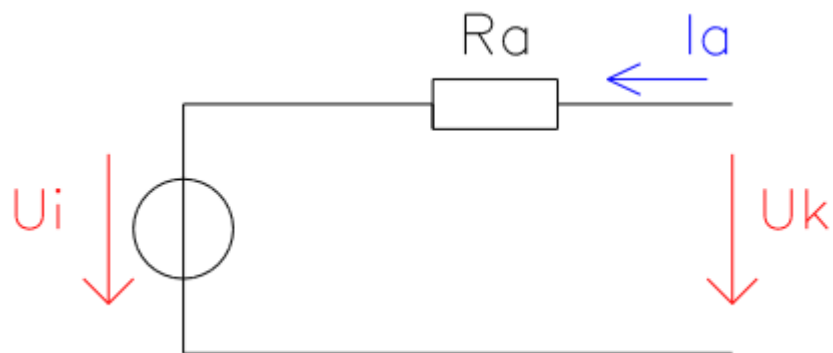
c) Kommutátor

A forgás periodikussága miatt az állandó mágneses térben forgó tekercsben váltakozó feszültség indukálódik. Ezt egyenirányítani kell. Ezt végzi a kommutátor.



A menetszám (fázisszám) növelésével a feszültség hullámossága csökkenthető.

3. Egyenáramú gép helyettesítő kapcsolása



$$\text{Ahol } U_i = k * \phi_a * \omega \quad M = k * \phi_a * I_a \quad (k = k_M)$$

$$U_k = U_i + R_a * I_a$$

a) Az indukált feszültség számítása

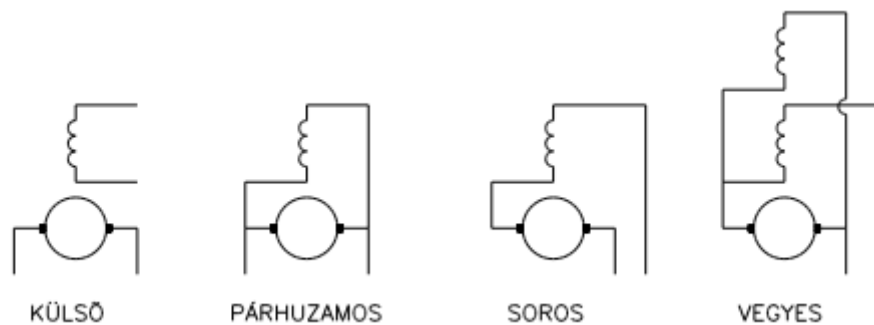
$$U_i = k_U * \phi_a(I_g) * n = \frac{k_U}{2\pi} * \phi_a(I_g) * \omega$$

b) A nyomaték számítása

$$M = k_M * \phi_a(I_g) * I_a$$

4. Egyenáramú gép gerjesztési módjai

- Külső gerjesztés esetén a gerjesztő tekercset független áramforrás táplálja.
- Párhuzamos vagy sönt gerjesztés esetén a gerjesztő tekercs az armatúra tekercsével párhuzamosan,
- Soros gerjesztés esetén az armatúra tekercsével sorosan
- kapcsolva.
- Vegyes gerjesztés esetén a gép sönt és soros tekercsével egyaránt el van látva. A nagyobb gerjesztést a soros tekercs adja.
- A sönttekercs gerjesztése a soros tekercs gerjesztésének irányával megegyezhet (kompaund gerjesztés), de lehet azzal ellentétes is (antikompaund gerjesztés)



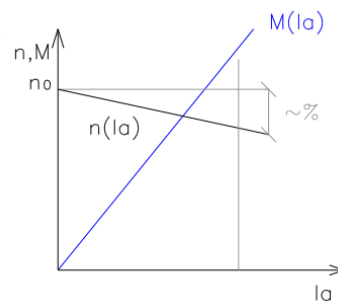
5. Egyenáramú gép jelleggörbéi

a) Sebességi jelleggörbe

$$U_k = U_i + R_a \cdot I_a = k_u \phi_a \cdot n + I_a R_a$$

$$n = \frac{U_k - I_a R_a}{k_u \phi_a} = \frac{U_k}{k_u \phi_a} - \frac{R_a}{k_u \phi_a} I_a = n(I_a)$$

$$\text{Üresjárási fordulatszám: } n_0 = \frac{U_k}{k_u \phi_a}$$



b) Nyomatéki jelleggörbe

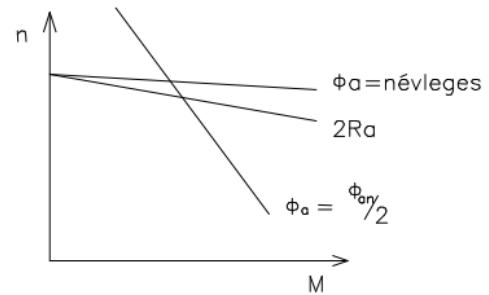
$$M = k_M \phi_a I_a \quad \phi_a = \text{áll}$$

c) Mechanikai jelleggörbe

$$n = \frac{U_k - R_a I_a}{k_U \phi_a} I_a = \frac{M}{k_M \phi_a}$$

$$n = \frac{U_k}{k_U \phi_a} - \frac{R_a}{k_U k_M \phi_a^2} M$$

$$\omega = \frac{U_k}{k \phi_a} - \frac{R_a}{(k \phi_a)^2} M$$



6. Egyenáramú gépek fordulatszám változtatási lehetőségei

U_k : legjobb

R : (külső), veszteséges

ϕ_a : meőgyengítés, rossz dinamika

VIII) Számítási példák

1. Kérdés

$S_n = 100 \text{ kVA}$ névleges teljesítményű, egyfázisú, köpeny típusú transzformátor feszültsége $\frac{U_1}{U_2} = \frac{5000}{400}$. A menetfeszültség effektív értéke $U_m = 4,26 \text{ V}$, a frekvencia $f = 50 \text{ Hz}$.

1.1. Mekkora a két oldal menetszáma?

- a) 1173, 94 b) 1230, 100 c) 891, 123 d) 100, 231 **2p**

1.2. Mekkora a tekercsek vezetőinek keresztmetszete, ha az áramsűrűség $J = 3,2 \text{ A}$?

- a) $6,25 \text{ mm}^2$ $6,25 \text{ mm}^2$ b) $6,25 \text{ mm}^2$, $78,12 \text{ mm}^2$ c) $6,25 \text{ mm}^2$, $12,5 \text{ mm}^2$ d) $62,25 \text{ mm}^2$, $22,5 \text{ mm}^2$ **2p**

1.1.

$$U_1 = N_1 \cdot U_m$$

$$U_2 = N_2 \cdot U_m$$

$$5000 \text{ V} = N_1 \cdot 4,26 \text{ V} \rightarrow N_1 = \frac{5000 \text{ V}}{4,26 \text{ V}} = 1173$$

$$400 \text{ V} = N_2 \cdot 4,26 \text{ V} \rightarrow N_2 = \frac{400 \text{ V}}{4,26 \text{ V}} = 94$$

1.2.

$$I_{1n} = \frac{S_n}{U_1} = \frac{100 \text{ kVA}}{5000 \text{ V}} = 20 \text{ A}$$

$$I_{2n} = \frac{S_n}{U_2} = \frac{100 \text{ kVA}}{400 \text{ V}} = 250 \text{ A}$$

$$A_1 = \frac{I_{1n}}{J} = \frac{20 \text{ A}}{3,2 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}} = 6,25 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{I_{2n}}{J} = \frac{250 \text{ A}}{3,2 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}} = 78,12 \text{ mm}^2$$

2. Kérdés:

A frekvencia feltétel alapján mekkora egy forgó gép rotor mezejének fordulatszáma a rotorhoz képest, ha a szttátor mező fordulatszáma 1500RPM, és a rotor mechanikai fordulatszáma is 1500RPM.

- a) 1470RPM b) 0RPM c) 1000RPM d) 30RPM **2p**

A frekvenciafeltétel:

$$\omega_{st|B} = \omega_{rot|B} + \omega_{mech}$$

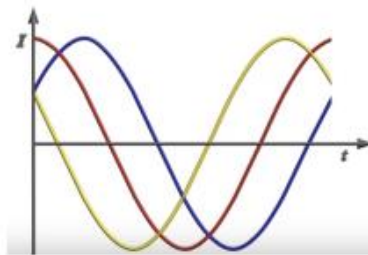
Ebből:

$$\begin{aligned} \omega_{st|B} &= 1500 \text{ RPM} \\ \omega_{mech} &= 1500 \text{ RPM} \rightarrow \omega_{rot|B} = 0 \text{ RPM} \end{aligned}$$

3. Kérdés:

Szimmetrikus háromfázisú rendszert mutat-e az alábbi kép (igazak-e rá a tanult feltételek)?

1p

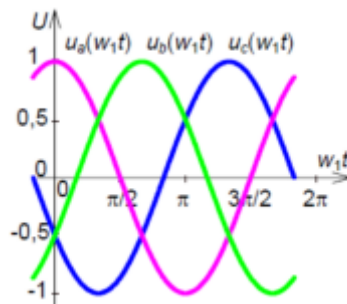


A szimmetrikus háromfázisú rendszer feltételei:

- fázisonként egyenlő amplitúdó
- a fázisok időben 120° -kal eltolva követik egymást

Az utóbbi feltétel a fenti ábrán nem teljesül.

A ténylegesen szimmetrikus háromfázisú rendszer:



4. Kérdés:

A transzformátorokkal azért transzformáljuk át a feszültséget, mert...

- a) adott teljesítmény átviteléhez nagyobb feszültségen, kisebb áram tartozik, így a szigetelőket kisebbre kell méretezni.
- b) adott teljesítmény átviteléhez nagyobb feszültségen, nagyobb áram tartozik, így erősebb a hálózatunk.
- c) adott teljesítmény átviteléhez nagyobb feszültségen, kisebb áram tartozik, így előnyösebb az átvitel, kisebb a veszteség.
- d) a legtöbb termelőnk nagy feszültségen (100kV-ok) termel, ezért a fogyasztókhoz le kell transzformálni teljesítményt.

A helyes válasz a c):

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \rightarrow \text{a nagyobb feszültségű oldalon kisebb áram folyik}$$

A vezetéken keletkező veszteség a rajta átfolyó áram négyzetével arányos (I^2), amit transzformátorral így tudunk csökkenteni.

5. Kérdés:

Egy gyárban lévő nagyon fontos feladatot ellátó transzformátor névleges feszültségű pontjában üzemel 40Hz-ről, 1T indukció érték mellett. A transzformátort mechanikai sérülés éri, aminek következtében a hasznos vaskeresztmetszete az eredeti 80%-ára csökken. Milyen paraméterrel, és milyen mértékben (számértékileg helyesen is!) avatkozhat be, hogy az indukált feszültség értéke ne változzon, amennyiben a gerjesztő áramot nem növelheti, illetve a transzformátor geometriáját sem változtathatja meg?

2p

$$U_{i,eff} = 4,44 * f * N * B_0 * A_v = 4,44 * 40 \text{ Hz} * N * 1 \text{ T} * A_v$$

- A geometria nem változhat, ezért a menetszámot nem tudjuk változtatni
- Az indukció a gerjesztőáramtól és a geometriától függ, ezért B_0 -t sem tudjuk változtatni
- Csak a frekvenciát lehet változtatni

80 %-os csökkenés kompenzálásához a frekvenciát $\frac{1}{80\%} = 1,25$ -szörösére kell változtatni.

$$1,25 * 40 \text{ Hz} = 50 \text{ Hz}$$

Eredményes felkészülést kívánunk!