

Villamos gépek és alkalmazásuk

11.11.2.
1. h

EA: Vajda István VET (Villamos energetika tanár)
 dr. Vesztegmi Károly (hajtások)
 Győz Attila tanársegéd

- Gépek: - transzformátor
- forgó gépek
- alap gépek (asinkron, szinkron, egyen)
- háromfázisú
- korszerű számítási módszerek
- Alkalmazások: - mágneses elemek
- szupravázlatos
- teneszés

Heti: 3 EA
1 GY

Követelmény: - 2 db ZH + vizsga

vizsgajegy: 2 db ZH: $\frac{1}{3}$ súly

Mindkét ZH legyen 2-es!

vizsga ZH: $\frac{2}{3}$ súly

ZH után lehet szóban járítani, és van pot és járható ZH is.

Konzultálás is van.

Tananyag: power point - ban.

Könyvek: - sok van, neten fenn lesz.

Transzformátorok

Dia titkés: (bal oldala zsebd, felső alappal, jobb form: SuperTech)
Elektrotechnika tárgyat át kell nézni!

Forgó mágneses létesítmények

Villamos gépek mágneses mezői

1. - villamos energia átalakítás reverzibilis (megfordítható)
- egy energia átalakító mindkét irányba tudja alakítani az energiát
2. - elvi hatások elérheti a 100%-ot elektro. mágneses eszközökkel
3. - energia átalakítás munkakörege a mágneses tér

- Forgó mágneses tér létesítése

- Heteropólus felépítés

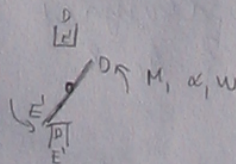
- Változó áramú tekercselés

(fog, horony, lépcső)

A lépcső indukciót szinuszosnak tehető az elől.

Szinuszos mező eloszlás maximuma.

Indukció vektor értelmezése



Megmunkált létesítmény

Farkas László } gyakorlat
 Győre Attila }

2db ZH lesz.

11.15. P.
 1. B.

↳ VI 304 ; Tel: 463-27-44 ; gyore.attila@vet.bme.hu

Villamos gépész Gyakorlat: 08.02.15.

1.9.1. pl.:

$$S_n = 100 \text{ kVA}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{5000}{400} \text{ [V]}$$

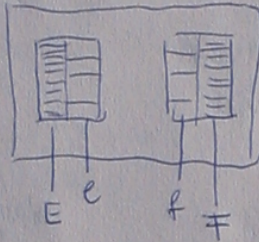
$$U_m = 4,26 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Működési, köpenny típusú

E - nagy fesz. oldal

e - kis -||-

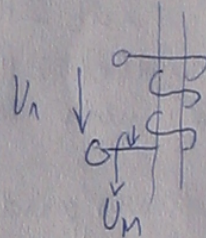


$$\text{Teljes fesz} = N \cdot U_m$$

↑
 menet fesz.

a)
$$N_1 = \frac{U_1}{U_m} = \frac{5000}{4,26} = 1173$$

$$N_2 = \frac{U_2}{U_m} = \frac{400}{4,26} = 94$$



b)
$$J = 3,2 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

$$A_1 = ?$$

$$A_2 = ?$$

$$I_1 = \frac{S}{U_1} = \frac{100 \text{ kVA}}{5000 \text{ V}} = 20 \text{ A}$$

$$A_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{20 \text{ A}}{3,2 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}} = 6,25 \text{ mm}^2$$

$$I_2 = \frac{S}{U_2} = \frac{100 \text{ kVA}}{400 \text{ V}} = 250 \text{ A}$$

$$A_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{250}{3,2} = 78,12 \text{ mm}^2$$

Nagy fesz. oldal a vastagabb vezeték! ← kisebb áramerősség

c) Vas keresztmetszet? A_{ov} ?

$$B_0 = 1,4 \text{ T}$$

$$U_{i,eff} = 4,44 \cdot f \cdot N_1 \cdot \Phi_{max} \rightarrow U_{i,eff} = 4,44 f N B_0 A_v$$

$$A_{ov} = ?$$

$$\Phi_m = \frac{U_m}{4,44 \cdot f} = 0,018 \text{ Wb}$$

$$A_{ov} = \frac{\Phi_m}{B} = 0,0137 \text{ m}^2 = 137 \text{ cm}^2$$

$B = 1,4T$ ← ez a környék ponti érték!

Megmérés: $1,7 - 1,8T = B$

11. 15. p.
1. b.

6.1.2. pl.

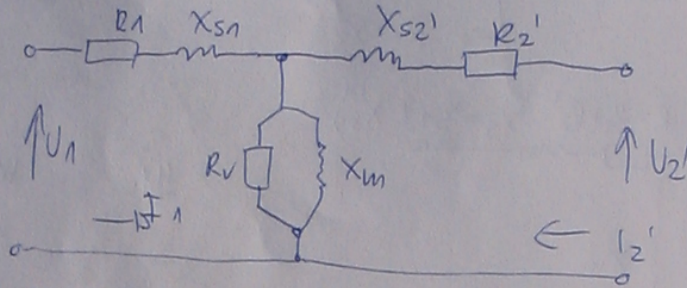
$$n = \frac{N_1}{N_2} = 10$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

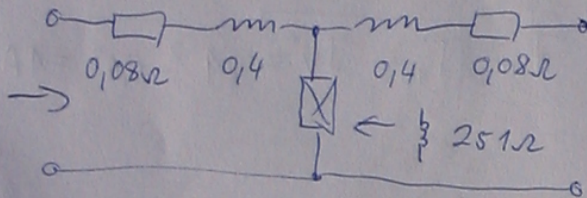
$$R_1 = R_2' = 0,08 \Omega$$

$$X_{s1} = X_{s2}' = 0,4 \Omega$$

$$X_{m1} = 251 \Omega$$



Primer felvételre redukált helyettesítő képs.



Teljes műveletesség!

Mi van ha mindent a szekunder oldalra redukálunk!?

$$R_1' = n^2 \cdot R_1 = 100 \cdot 0,08 \Omega = 8 \Omega \quad R_1/n^2 = 0,8 \text{ m}\Omega$$

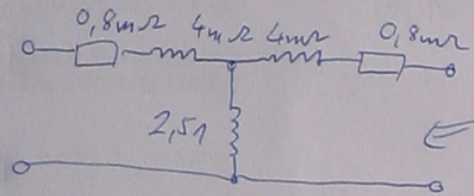
$$X_{s1}' = X_{s1}/n^2 = 4 \text{ m}\Omega$$

$$R_2 = R_2'/n^2 = 0,08/100 = 0,8 \text{ m}\Omega$$

$$X_{s2} = X_{s2}'/n^2 = 4 \text{ m}\Omega$$

$$X_{m2} = \frac{X_{m1}}{n^2} = \frac{251 \Omega}{100} = 2,51 \Omega$$

$$X_{m1} = n \cdot X_{m2}$$



6.1.3. pl

$$S_n = 110 \text{ kVA}$$

$$U_{1n} = 11 \text{ kV}$$

$$U_{2n} = 440 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$n = 25$$

Elmélet:

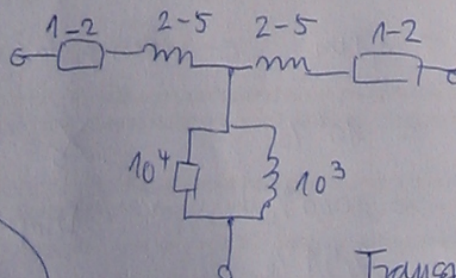
$$r_1 = r_2 = 1-2\%$$

$$X_{s1} = X_{s2} = 2-5\%$$

$$X_{1m} = 1000\% ; r_v = 10^4\%$$

üres járás: $I_2 = 0$, $U_{10} = 11 \text{ kV}$, $I_{10} = 1 \text{ A}$, $P_{10} = 1,1 \text{ kW}$

terhelés: $U_2 = 0$, $U_{1Z} = 500 \text{ V}$, $I_{2Z} = 250 \text{ A}$, $P_{1Z} = 1 \text{ kW}$



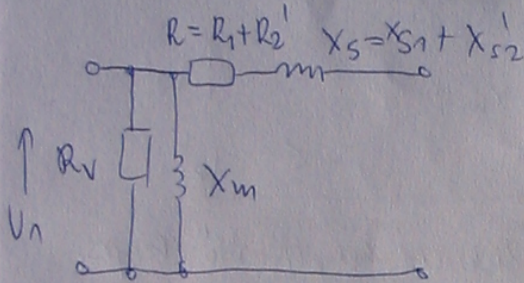
Transzformátor feszültség
helyesen eldől.

Üresj. -nál: a szekunder oldal elhagyható.

rz. -nál: a közös ág
 $\hookrightarrow R, X_s$

$\rightarrow R, X_m$

-||- \rightarrow Ekkor a zárlati áram nem lehet nagyobb a néveges áramnál.



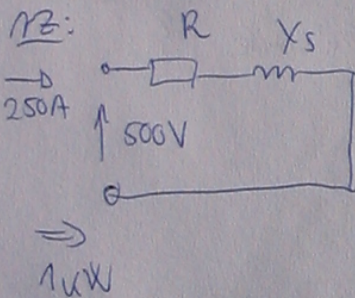
úji: Váltakos teljesítmény: a reaktív tagon disszipálódik

$$R_v = \frac{U_{10}^2}{P_{10}} = \frac{(11 \text{ kV})^2}{1,1 \text{ kW}} = 110 \text{ k}\Omega$$

$$I_r = \frac{U_{10}}{R_v} = \frac{11 \text{ kV}}{110 \text{ k}\Omega} = 0,1 \text{ A}$$

$$X_m = \frac{U_{10}}{I_m} = \frac{11 \text{ kV}}{1} = 11 \text{ k}\Omega$$

$$I_m = \sqrt{I_{10}^2 - I_r^2} = \sqrt{1^2 - 0,1^2} = 1 \text{ A}$$



\Rightarrow
1 kW

$$R = \frac{U_{1z}^2}{P_{1z}} = \frac{(500 \text{ V})^2}{1 \text{ kW}} = \frac{P_{1z}}{I_{1z}^2} = \frac{1000}{100} = 10 \Omega$$

$$I_{1z} = \frac{S_n}{U_{1n}} = \frac{110 \text{ kVA}}{11 \text{ kV}} = 10 \text{ A}$$

$$I_{27} = \frac{S_n}{U_n} = \frac{110 \text{ kVA}}{440} = 250 \text{ A}$$

$$R_1 = R_2' = \frac{R}{2} = 5 \Omega$$

$$X_s = \sqrt{\left(\frac{U_{1z}}{I_{1z}}\right)^2 - R^2} = \sqrt{\left(\frac{500}{10}\right)^2 - 10^2} = 49 \Omega$$

$$X_{s1} = X_{s2}' = \frac{X_s}{2}$$

$$\underline{Z_n} = \frac{U_n}{I_n} = \frac{11 \text{ kV}}{10 \text{ A}} = 1,1 \text{ k}\Omega$$

\leftarrow számításai alap!

$$R_v = 100 \text{ v.e.} = 10^4 \%$$

$$X_m = 10 \text{ v.e.} = 1000 \%$$

$$R = 0,0091 \text{ v.e.} = 0,91 \%$$

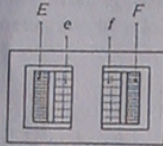
$$X_s = 0,0445 \text{ v.e.} = 4,45 \%$$

$$\text{Drop: } \varepsilon = \frac{U_{1z}}{U_{1n}} \cdot 100\% = \frac{500 \text{ V}}{11 \text{ kV}} \cdot 100$$

$$\varepsilon \approx 4,54 \%$$

Villamos Gépek Gyakorlat, 2008.02.15

1.9.1. példa. $S_n = 100$ kVA névleges teljesítményű egyfázisú, köpeny típusú transzformátor (1.18 ábra) feszültsége $U_1/U_2 = 5000/400$ V. A menetszűrés effektív értéke $U_M = 4,26$ V, a frekvencia $f = 50$ Hz.



1.18 ábra

Határozzuk meg:

- mindkét oldal menetszámát ($N_1; N_2$),
- a tekercsek vezetőinek keresztmetszetét ($A_1; A_2$), ha az áramsűrűség $s = 3,2$ A/mm²,
- az oszlop tiszta vaskeresztmetszetét (A_{0v}), ha az indukció csúcsértéke $B_0 = 1,4$ T.

6.1.2

$n = N_1/N_2 = 10$ menetszámtételű transzformátor N_1 menetszámú primer tekercsére redukált helyettesítő kapcsolási vázlatának elemei 50 Hz-es frekvencián: $R_1 = R_2' = 0,08$ ohm, $X_{s1} = X_{s2}' = 0,4$ ohm, $X_{1m} = 251$ ohm.

- Rajzolja fel a helyettesítő vázlatot és határozza meg az elemek értékét, ha minden mennyiséget az N_2 menetszámú, szekunder oldalra redukálunk.

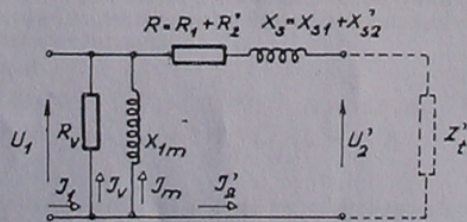
6.1.3 *

$S_n = 110$ kVA névleges teljesítményű, $U_{1n} = 11$ kV, $U_{2n} = 440$ V névleges feszültségű transzformátoron üresjárású és rövidzárási méréseket végeztünk a helyettesítő vázlat elemeinek meghatározása céljából. A frek-

vencia 50 Hz, a menetszámtétel $n = 25$. Az üresjárású mérés eredményei: ($I_2 = 0$), $U_{10} = 11$ kV, $I_{10} = 1$ A (a nemszinuszos áram effektív értéke),

$$P_{10} = 1,1 \text{ kW.}$$

A rövidzárási mérés eredményei: ($U_2 = 0$), $U_{1z} = 500$ V, $I_{1z} = 250$ A, $P_{1z} = 1$ kW.

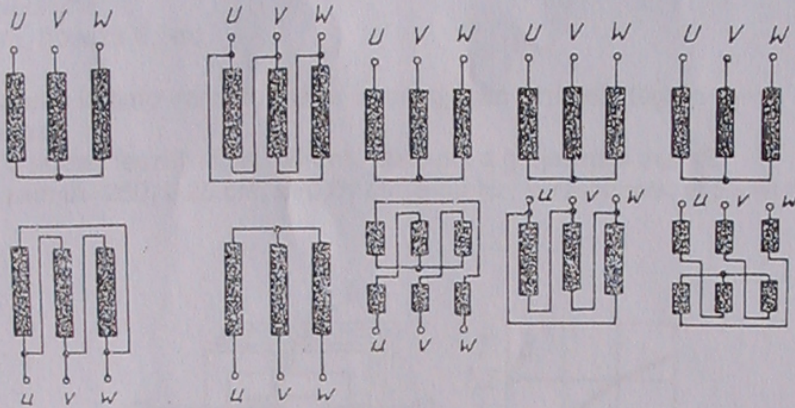


6.1 ábra

- Határozza meg a 6.1 ábrán vázolt egyszerűsített helyettesítő vázlat elemeinek nagyságát. Adja meg a paraméterek viszonylagos, (százalékos) értékét is.
- Az egyszerűsített helyettesítő vázlat alapján határozza meg a transzformátor U_2 szekunder feszültségét, ha $U_1 = U_{1n}$, $I_2 = I_{2n}$, a terhelő impedancia induktív jellegű és $\cos \varphi_2 = 0,8$. Hogyan változik a szekunder feszültség nagysága és fázishelyzete, ha a terhelő impedancia nagysága változatlan, csak jellege változik?
- Határozza meg a transzformátor hatásfokát az előző üzemállapotban.

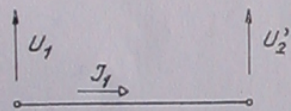
6.1.5

4 kVA, 200/400 V-os, 50 Hz-es transzformátoron üresjárású és rövidzárású mérést végeztünk. Az üresjárású mérést a kisebb feszültségű oldalon végeztük és a mért értékek: 200 V, 0,7 A, 70 W. A rövidzárású mérésnél a nagyobb feszültségű oldalt tápláltuk és az ott mért értékek: 15 V, 10 A, 80 W. Határozza meg a 6.1 ábrán vázolt egyszerűsített helyettesítő vázlat elemeinek értékét, ha minden mennyiséget a kisebb feszültségű oldalra redukálunk.



Szorgalmi + Házi Feladatok

$$R = R_1 + R_2' \quad X_s = X_{s1} + X_{s2}' \quad 6.1.4$$



6.2 ábra

Egyfázisú, $n = N_1/N_2 = 22$ menetszám-

átételű transzformátor paramétereit:

$R_1 = 150$ ohm, $R_2 = 0,5$ ohm, $X_{s1} = 220$ ohm,

$X_{s2} = 0,65$ ohm. A primer névleges feszültség $U_{1n} = 10$ kV, a szekunder névleges áram

$I_{2n} = 20$ A.

- Határozza meg a 6.2 ábrán szereplő helyettesítő vázlat paramétereinek értékét.
- Határozza meg a rövidzárású impedancia százalékos értékét.

1.9.2. példa. Az 1.9.1. példában szereplő transzformátoron üresjárású és rövidzárású mérést végeztünk. (Üresjárású mérésnél tápoldatként a kis feszültségű, rövidzárású a nagy feszültségű tekercset választottuk.)

A mérés eredményei:

$$P_0 = 900 \text{ W}; \quad U_0 = 320 \text{ V}; \quad I_0 = 16,5 \text{ A},$$

$$P_z = 1250 \text{ W}; \quad U_z = 240 \text{ V}; \quad I_z = 13 \text{ A}.$$

Határozzuk meg:

- a transzformátor vasvesztését (P_v) az üresjárású tekercsvesztés elhanyagolásával;
- a transzformátor névleges tekercsvesztését (P_{in});
- az üresjárású és rövidzárású teljesítménytényezőit ($\cos \varphi_0$; $\cos \varphi_z$);
- a dropot (ϵ_z).

1.9.3. példa. Az 1.9.1. példa transzformátorát a kisfeszültségű oldalon $Z_t = 1,2 + j1,5 \Omega$ értékű impedanciával terheljük.

Határozzuk meg:

- a hatásfokot (η) az adott terhelésnél,
- azt a terhelő reaktanciát (X_{tmin}) és teljesítménytényezőt ($\cos \varphi_{max}$), amely az $R_t = 1,2 \Omega$ állandó értékű ellenállással a transzformátort névleges áramával terheli,
- a hatásfokot a b) pontnak megfelelő terhelésnél (η_t),
- a transzformátor szekunder feszültségét mindkét terhelési állapotban (U_{k1} ; U_{k2}).

Forgó mágnes lefektetése

11.18.h
2.h

dua vetítés

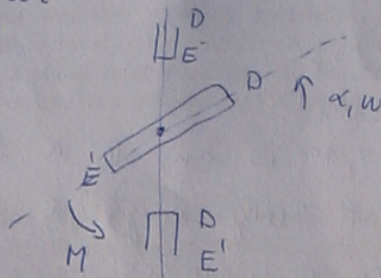
Villamos gépek mágneses mező

-Nyomaték lefektetése:

$$M = k B_s \times B_r =$$

\uparrow \uparrow
 statív rotív

$$k \cdot B_s \cdot B_r \cdot \sin \alpha$$



α - nyomatéki szög
 γ - térhálós szög

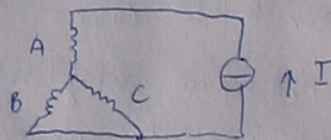
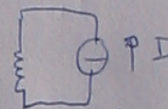
-Váltakozó áramú tekercselés: fog, horony, légrés

-Az indukció vektor értelmezése

-Mészötípusok: állandó mező

a) Egy tekercs egyenárammal gerjesztve

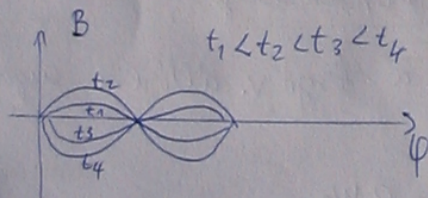
b) Több tekercs, térben háromfázisúan elhelyezve és egyenárammal gerjesztve.



Lüktető mező:

Egy tekercs, egyfázisú váltakozó árammal gerjesztve.

Allo hullám alakul ki. Lüktető = pulzáló



Feraris tétele:

Alüktető mező felbontható két, egymással ellentétes irányban, azonos szögsebességgel forgó mezőre,

amelyek amplitúdója (hossza) a lüktető mező amplitúdójának fele.

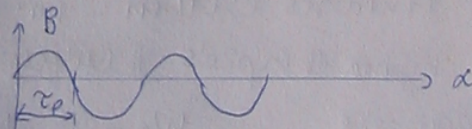
forgó mező: Lehetővé teszi többfázisú tekercsrendszerrel.

p - pólus páros szám

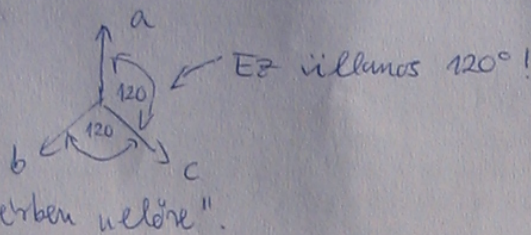
$2p$ - pólus szám

$$\alpha_p = \frac{D\pi}{2p}$$

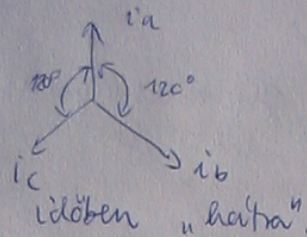
$$\alpha_v = p \cdot \alpha_g \leftarrow \text{villamos és geometria szög kapcsolata}$$



Tekercsek tengelyei a térben:



Tekercsek áramai időben:



Fázisok: 1, 2, 3, 5, 7, 11 is van, de a leg elterjedtebb a 3!

Az adott súly egysége eső teljesítmény a 3 fázis esetén optimális!

A 2 fázisú rendszer nem 180°-os, hanem 90°-os.

- Forgó mészó matematikai leírása

$$B_i = B_i(x, t) = B_i(t) \times T_i(x)$$

↑ idő fr.

↑ térbeli eloszlást leíró fr.

Idő fr. -ek: ...

Euler tétel: $\cos \alpha = \frac{e^{j\alpha} + e^{-j\alpha}}{2}$

$a = e^{j120^\circ}$
 $a^2 = e^{-j120^\circ}$

- A forgó mészó tulajdonságai

ω_1 = hálózati kör fr. -a

$\omega_1 t = \frac{x}{r_p} \pi$ ← maximum hely

$x = R \omega_0 t$; ω_0 - mészó sebessége

$r_p = \frac{2R\pi}{2p} = \frac{R\pi}{p}$; R a forgó v. állórész sugara

$\omega_1 t = \frac{R \omega_0 t}{\frac{R\pi}{p}} \pi \rightarrow \omega_1 = p \omega_0$

ω_0 : szinkron sebesség
 (ω_s)

$\omega_0 = \frac{\omega_1}{p}$

ω_0 függ p -től! de ω_0 nem függ a fázisától!

"m" és "n" fázisú rendszerek ekvivalensek, ha: $\frac{m}{2} \cdot B_{m, \max} = \frac{n}{2} \cdot B_{n, \max}$
 Lineáris esetben: $m \cdot N_m \cdot I_m = n \cdot N_n \cdot I_n$

A nyomatékviselés feltétele az álló és a forgórész pólusok számának egyezése.

$\omega_{0, st} = \omega_{0, r} \Rightarrow P_{st} = P_{rot}$

Frekvencia feltétel:

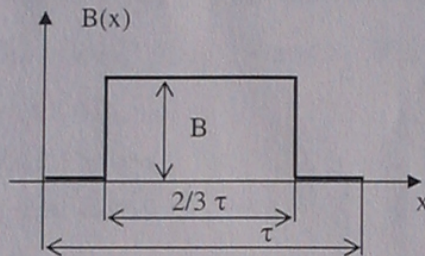
↑ álló rész

↑ forgó rész

Relatív nyugalomban.

1. Háromfázisú, 16 pólusú, csillagkapcsolású szinkron generátor horonyszáma 144, minden horonyban 10 sorbakötött vezető található, a tekercselés átmérős. A póluskerék szinuszos kerületmenti eloszlású indukciót hoz létre, a pólusfluxus nagysága 0,03 Vs. Határozza meg az indukálódó fázis- és vonali feszültség nagyságát, ha a póluskereket 375/perc fordulatszámmal forgatjuk.

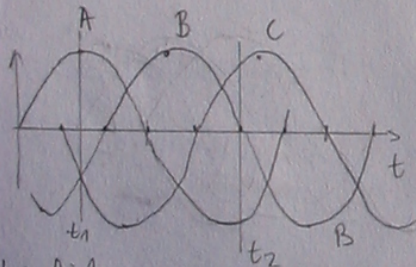
2. Üresen járó, 50Hz-es, kiálló pólusú szinkron gép légrésindukciójának kerületmenti eloszlása látható az alábbi ábrán. Határozza meg az állórész-tekercselésében indukálódó feszültség alapharmonikusának effektív értékét. A 60° sávszélességű háromfázisú tekercselés fázisonkénti menetszáma 120, a pólusosztás $\tau=50$ cm, az állórész ideális hossza $l_1=75$ cm. Az indukció maximuma 0,7 T.



3. Határozza meg az alábbi tekercselési vázlat gerjesztési görbéjét!

Horonylépés = $y_h = 6$

1 → 7-esbe

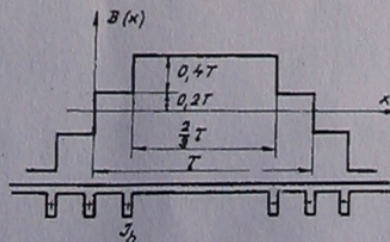


t_1 : A: 1
B: $-\frac{1}{2}$
C: $-\frac{1}{2}$

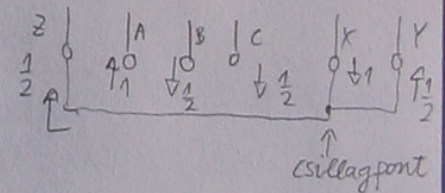
Gondolkodtató feladat

t_2 : B: 0
A: $-\frac{\sqrt{3}}{2}$
C: $\frac{\sqrt{3}}{2}$

1. Háromfázisú, üresen járó, 50 Hz-es hengeres pólusú szinkron gép légrésindukciójának kerületmenti eloszlását mutatja az alábbi ábra. A pólusfelület 500 cm^2 , a 60° sávszélességű háromfázisú tekercselés fázisonkénti menetszáma 200. Határozza meg az indukált feszültség alapharmonikusának effektív értékét.



t_1 :



1. horonytól az 5.-ikéig:

1 2 3 4 5 120° van A és B fázis között

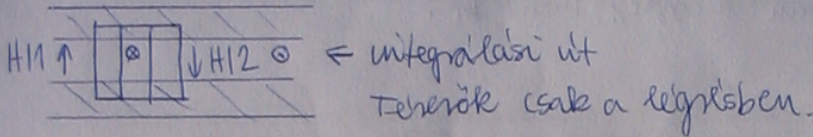
Frekvencia feltétel: $W_{st}|_B = W_{rot}|_B + W_{mech}$

11.22.p
2.h

gyűrítési törvény:

stator rotor

$$rot \bar{H} = j \quad ; \quad \sum_i U_{mag,i} = \oint \bar{H} d\bar{l} = \sum_k I_k = \textcircled{0}$$



$$B_1 = \frac{4}{\pi} B_m \leftarrow \text{alapharmonikus indukció} (B_1); B_m - \text{lépcsős görbe max.}$$

Fázisokenti és pólusokenti harmonikum: $q = \frac{z}{2pm}$

z - elő/forgó ~~szám~~ pólusok száma

m - fázisok száma

p - pólusok száma

Ha végül a permeabilitás: - $H_s \perp$ Felületre

- $H_s(x) = \text{all.}$

- A vasban nulla a térfűréség

$$\oint \bar{H} d\bar{l} = \sum I$$

$$\sum_k H_k \cdot l_k = \sum_i I_i$$

$$\frac{H_{s1} \cdot l_{s1}}{\phi} + H_{s1} \cdot s_1 + \frac{H_{s2} \cdot l_{s2}}{\phi} + H_{s2} \cdot s_2 = \sum_i I_i$$

Ha $x=0$ ahát $H_{s2} = 0$

$$H_{s1} \cdot s = \sum_i I_i$$

$$H_s(x) = \frac{\sum_i I_i}{s} \rightarrow \frac{\textcircled{0}}{s} \rightarrow \frac{\textcircled{0}(x)}{s(x)}$$

Ha azt akarom, hogy $B_s(x) \sim \cos(c \cdot x)$

$\textcircled{0}(x) = \text{all.}$ (koncentrált tekercselés)
(kicsi pólusi gépfelépítés)

$\textcircled{0}(x) \sim \cos(cx)$
 $s(x) = \text{all}$

$$s(x) \sim \frac{1}{\cos(cx)}$$

hengeres
gépek

Légyrés

Gyakorlat

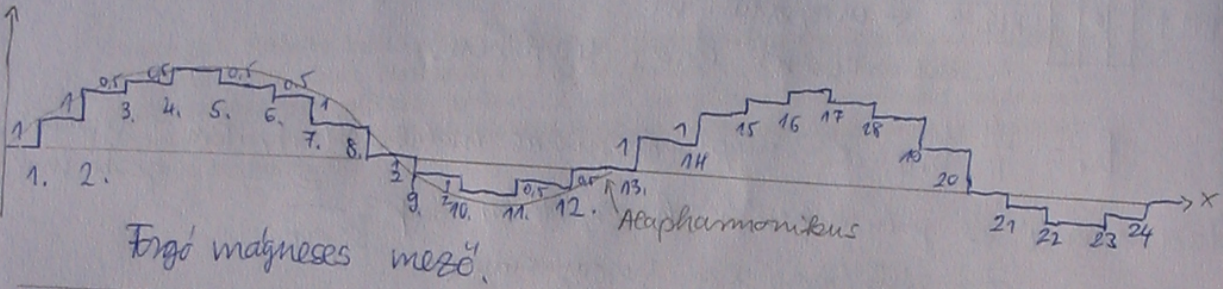
02.22.

Feladatsor fenn lesz az interneten.

1.) 3f. gép, 16 pólusú, szinkron, 144 horny

3 pl.

Hogya alakul, ha A-ban 1 egység ment be:



"Ha a hőlégjel nem tiltakozhat, akkor a gép idő miatt a zakóim lennének!"

11.25. h
3. h

Pénteki EA folytatása:

Szinkronos mezőelosztás létrehozása

- kiálló pólusú
- hengeres

állandó mág = álló mág

Vetítés, szimuláció programmal

$$\Theta_{max} = \frac{1}{2} \Theta_{egység}$$

$$B_s(x) = \mu_0 \frac{I(x)}{g}$$

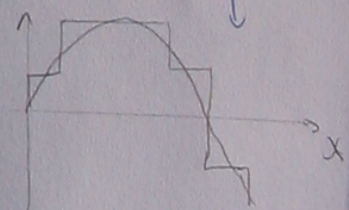
Alapharmonikus: $B_{s1max} = \frac{4}{\pi} B_{smax}$

Fel h.: $B_{snmax} = \frac{4}{n\pi} B_{smax}$

$$B_{snmax} = \frac{1}{n} B_{s1max}$$

$$q = \frac{z}{2pm}$$

q=1 helyett q=3 legyen

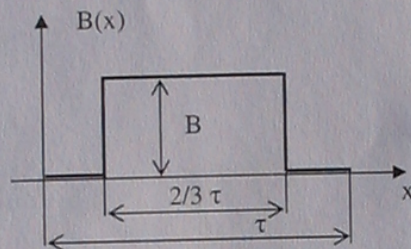


1.

Háromfázisú, 16 pólusú, csillagkapcsolású szinkron generátor horonyszáma 144, minden horonyban 10 sorbakötött vezető található, a tekercselés átmérős. A póluskerék szinuszos kerületmenti eloszlású indukciót hoz létre, a pólusfluxus nagysága 0,03 Vs. Határozza meg az indukálódó fázis- és vonali feszültség nagyságát, ha a póluskereket 375/perc fordulatszámmal forgatjuk.

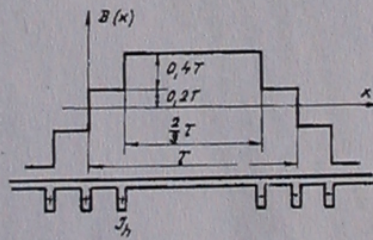
2.

Üresen járó, 50Hz-es, kiálló pólusú szinkron gép légrésindukciójának kerületmenti eloszlása látható az alábbi ábrán. Határozza meg az állórész-tekercselésében indukálódó feszültség alapharmonikusának effektív értékét. A 60° sávszélességű háromfázisú tekercselés fázisonkénti menetszáma 120, a pólusosztás $\tau=50$ cm, az állórész ideális hossza $l_1=75$ cm. Az indukció maximuma 0,7 T.



Gondolkodtató feladat

1. Háromfázisú, üresen járó, 50 Hz-es hengeres pólusú szinkron gép légrésindukciójának kerületmenti eloszlását mutatja az alábbi ábra. A pólusfelület 500 cm^2 , a 60° sávszélességű háromfázisú tekercselés fázisonkénti menetszáma 200. Határozza meg az indukált feszültség alapharmonikusának effektív értékét.



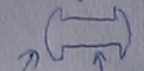
2. Számítsa ki a lépésrövidítést, ha csökkenteni kívánjuk a 11. és 13. harmónikus! Mekkora ekkor a hűrtényező a 11. és a 13. harmónikusra?

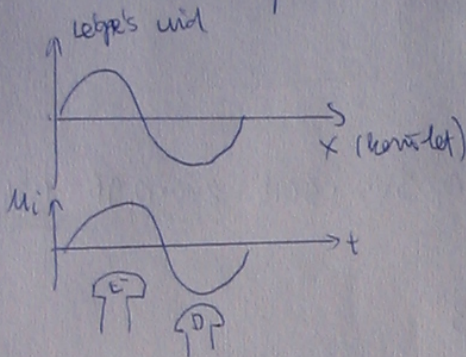
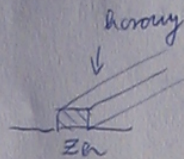
3. Rajzoljon fel egy háromfázisú tekercselés egy fázisát a következő paraméterekkel:

- $Z=36$
- $p=2$
- $q=3$
- koncentrikus
- átmérős

Az indukált feszültség számítása

11.25. h
3. h

Kialló pólus: 
pólus iv pólus törzs



N_1 - menet szám / fázis

Z - horony szám

Z_1 - összes sorba kötött vezeték szám / fázis

$$N_1 = \frac{Z_1}{2} \quad ; \quad Z_n = \frac{Z_1}{Z}$$

$$u_i(t) = b(x) \cdot l_i \cdot \nu \cdot Z_1$$

$$U_{i,eff} = \frac{U_{i,max}}{\sqrt{2}} = B_{max} \cdot l_i \cdot \nu \cdot Z_1 \leftarrow 1 \text{ fázisban indukált fesz.}$$

Szinuszos mezőelosztással: közepes levegő's indukció: $B_{köz} = \frac{2}{\pi} B_{max}$

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

\uparrow körületi sebesség

\uparrow szilikon sebessége a mezőnek

R - furat közepes sugara

\swarrow ideális hossz

$$U_{i,eff} = \frac{U_{i,max}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\pi}{2} B_{köz} \cdot l_i \cdot \frac{\tau_p}{\pi} \cdot 2\pi f_1 \cdot 2N_1 =$$

$$= \frac{4\pi}{2\sqrt{2}} f_1 N_1 B_{köz} l_i \tau_p = 4,44 f_1 N_1 \Phi_{max} \leftarrow \text{Ha } q=1.$$

\uparrow csak szinuszos esetben

$$H_q > 1 : U_{i,eff} = 4,44 \cdot f_1 N_1 \cdot \sum_1 \cdot \Phi_{max}$$

\sum_1 : eredő tekercselési tényező
1 : alap harmónikus

$$U_{i,eff} = 4,44 \cdot B_{s, köz} \cdot \underbrace{A \cdot N_1 \cdot f_1}_{\Phi_{max}} = 4,44 \cdot \Phi_{max} \cdot U_1 \cdot f_1$$

$$U_{i,eff} = 4,44 \cdot \Psi_{max} \cdot f_1$$

A elosztási tekercselési tényező

$$U_{i,eff} = 4,44 \cdot f_1 \cdot N_1 \cdot \xi_1 \cdot \Phi_{max}$$

11.29.p
3h

$$\frac{4\pi}{2\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}}$$

Az elosztási (sáv) tekercselési tényező

...

gyak:

1. p. 3f₁

$$U_i = 4,44 \phi f N \xi = 4,44 \cdot 0,03Vs \cdot 50Hz \cdot 240 \cdot 0,96 = 1534V$$

2p = 16

csillagkapcs.

$$q = \frac{z}{2p} = \frac{144}{16 \cdot 3} = 3$$

Z = 144

Z_n = 10

$$N = Z_n \cdot q \cdot p = 10 \cdot 3 \cdot 8 = 240$$

Φ = 0,03Vs

n = 375 $\frac{1}{perc}$

$$\alpha_g = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360}{144} = 2,5^\circ; \quad \alpha_v = p \cdot \alpha_g = 8 \cdot 2,5 = 20^\circ$$

↑
alapharmónik

$$\underline{n} = \frac{60f}{p} \Rightarrow \underline{f} = \frac{n \cdot p}{60} = \frac{375 \cdot 8}{60} = 50Hz$$

$$\sum_{\xi_{e,1}} = \frac{\sin(q \cdot \alpha/2)}{q \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\sin(3 \cdot \frac{20}{2})}{3 \cdot \sin \frac{20}{2}} = 0,96$$

$$U_f = ? = U_i = U_f = 1534V$$

$$U_v = ? \quad U_v = \sqrt{3} \cdot U_f = 2650V$$

$$\begin{matrix} \wedge & U_v = \sqrt{3} \cdot U_f \\ \Delta & U_v = U_f \end{matrix}$$

Az elosztási tényező: $(q < \infty)$

$$\xi_{e,n} = \frac{\sin q \frac{\alpha_v}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha_v}{2}} \leftarrow \text{alapharmónikusra}$$

$$\xi_{e,n} = \frac{\sin n \cdot q \cdot \frac{\alpha_v}{2}}{q \cdot \sin n \cdot \frac{\alpha_v}{2}} \leftarrow \text{felharmónikusra}$$

lépésrövidülés:

$$\gamma = \pi - \frac{s}{\tau_p} \pi \leftarrow \text{tekercs réliesség}$$

Hátfőtényező: $\xi_{h,1} = \cos \frac{\gamma}{2} = \cos \frac{1}{2} \left(\pi - \frac{s}{\tau_p} \pi \right) =$

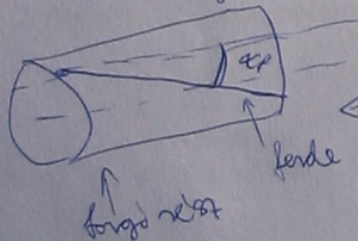
$$\xi_{h,1} = \sin \frac{s}{\tau_p} \frac{\pi}{2} \quad ; \quad \left| \xi_{h,n} \right| = \left| \sin n \cdot \frac{s}{\tau_p} \frac{\pi}{2} \right|$$

Pé:

Legyen: $\frac{s}{\tau_p} = \frac{4}{5} \rightarrow \xi_{h,5} = \sin 5 \cdot \frac{4}{5} \frac{\pi}{2} = 0$

$\frac{s}{\tau_p} = \frac{6}{7} \rightarrow \xi_{h,7} = \sin 7 \cdot \frac{6}{7} \frac{\pi}{2} = 0$

Horonyföldítési tényező



Kalicika

$$\alpha_{v,t} = p \cdot \alpha_f$$

földes horony: Ekkor minimális az indukált fesz. felharmónikus tartalma.

2. Nyomaték képzés

Allandósult tranzienus állapot

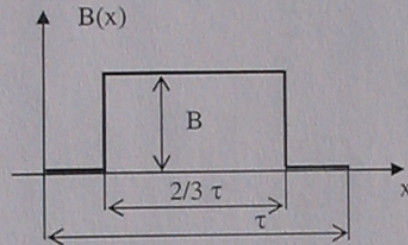
2.1. Energia viszonyok

1. Határozza meg a tekercselési tényezőjét alap-, 5. és 7. harmónikusra egy $Z=24$, $2p=4$

- háromfázisú átmérős, egyréteges tekercselésnek.
- háromfázisú lépésrövidítéses $s/\tau_p = 5/6$ tekercselésnek.
- Mi történik, ha megfelelő horonyferdítést alkalmazunk?

2.

Üresen járó, 50Hz-es, kiálló pólusú szinkron gép légrésindukciójának kerületmenti eloszlása látható az alábbi ábrán. Határozza meg az állórész-tekercselésben indukálódó feszültség alapharmónikusának effektív értékét. A 60° sávszélességű háromfázisú tekercselés fázisonkénti menetszáma 120, a pólusosztás $\tau=50$ cm, az állórész ideális hossza $l_1=75$ cm. Az indukció maximuma $0,7$ T.



Gondolkodtató feladat

1. Bizonyítsa be, hogy q fázisonkénti és pólusonkénti horonyszámnál a $2m \pm 1$ rendszámú harmonikus és az alapharmónikus elosztási tényezője megegyezik egymással.

2. Rajzoljon fel egy háromfázisú tekercselés egy fázisát a következő paraméterekkel:

- $Z=24$
- $2p=2$
- $q=4$
- kétréteges
- $s/\tau_p = 5/6$

Gyakorlat

11.7.p.
4.k.

1. pl

$Z = 24$
 $2p = 4$
 $3F$

a)

$$\xi_{e,1} = \frac{\sin 2 \cdot \frac{30^\circ}{2}}{2 \cdot \sin \frac{30^\circ}{2}} = \frac{0,5}{0,52} = 0,966$$

$$\xi_{e,5} = \frac{\sin 5 \cdot 2 \cdot \frac{15^\circ}{2}}{2 \sin 5 \cdot 15^\circ} = \frac{0,5}{1,93} = 0,259$$

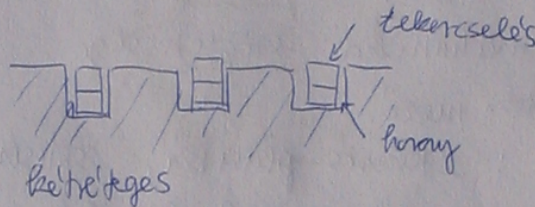
$$\xi_{e,7} = \frac{\sin 7 \cdot 2 \cdot \frac{15^\circ}{2}}{2 \sin 7 \cdot 15^\circ} = \frac{-0,5}{1,93} = -0,259$$

$$\xi_{e,n} = \frac{\sin n \cdot q \cdot \frac{\alpha_v}{2}}{q \cdot \sin n \cdot \frac{\alpha_v}{2}} ; \quad q = \frac{Z}{2pm} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2$$

$$\alpha_v = p \cdot \alpha_g = p \cdot \frac{360^\circ}{Z} = 2 \cdot \frac{360^\circ}{24} = 30^\circ$$

b) ($\xi_{e,n} < 1$)

$$\frac{s}{\tau_p} = \frac{5}{6}$$



Van, hogy a felső széleget egy horonnyal a helyére:

Hív képző (lépésrövidítés):



$$|\xi_{h,n}| = \left| \sin n \cdot \frac{s}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2} \right|$$

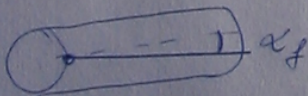
$$\xi_{h,n} = \underbrace{\sin n \cdot \frac{\pi}{2}}_{\text{előjelet ad}} \cdot \sin n \cdot \frac{s}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2}$$

$$\xi_{h,1} = 1 \cdot 0,966$$

$$\xi_{h,5} = 1 \cdot 0,2588$$

$$\xi_{h,7} = -1 \cdot 0,2588$$

c) Megfelelő horonyferdítés?!.



Ököl szab.: A horonyt kell ferdíteni!

$$\alpha_g = \frac{360^\circ}{Z} = 15^\circ \rightarrow \alpha_v = 30^\circ$$

$$\xi_{f,n} = \frac{\sin n \cdot \frac{\alpha_v}{2}}{n \cdot \frac{\alpha_v}{2} \cdot \frac{\pi}{180}}$$

$$\xi_{f,1} = 0,989 ; \quad \xi_{f,5} = 0,738 ; \quad \xi_{f,7} = 0,527$$

d) Erőelő:

$$\xi_1 = \xi_{e,1} \cdot \xi_{h,1} \cdot \xi_{f,1} = 0,966 \cdot 0,966 \cdot 0,989 = 0,923$$

$$\xi_5 = \xi_{e,5} \cdot \xi_{h,5} \cdot \xi_{f,5} = 0,0494$$

$$\xi_7 = 0,0353$$

Jóvá kedd 12⁰⁰ ZH. Kelméleti, 2 pl.
 2.2. Frekvencia feltétel (BME VET, 18. dia)

11.10. k
 5. k

$$I_s(\alpha) = L_s = \text{all.} \quad \text{és} \quad I_r(\alpha) = L_r = \text{all.}$$

\hookrightarrow induktivitás

$$m = -I_s I_r L_{rs} \sin \alpha \quad \leftarrow \text{nyomaték}$$

$$i_s(t) = I_s \sin \omega_s t$$

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

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

\uparrow elfordulási seb.

$$\left. \begin{array}{l} i_s(t) = I_s \sin \omega_s t \\ i_r(t) = I_r \sin \omega_r t \end{array} \right\} \begin{array}{l} m(t) = -I_s I_r L_{rs} \sin \omega_s t \cdot \sin \omega_r t \cdot \sin(\omega_m t + \gamma) \\ \uparrow \\ \text{nyomaték pillanatértéke} \end{array}$$

Feltételek: $\omega_m = \pm \omega_s \pm \omega_r$; $\sin \gamma \neq 0$

ω_m - forgórész mechanikai szögsebessége

ω_r - -||- ~~term~~ mérése -||-

24. dia: töbfázisú: 2 tekercs pluszban, összesen 4 db van máris egy;
 -2 fázis tekercs, 2 álló tekercs

A és a tekercsek egytengelyűsége:

$$I_{Aa} = L_{rs} \cos \alpha, \quad I_{Ab} = -L_{rs} \sin \alpha$$

$$I_{Ba} = L_{rs} \sin \alpha, \quad I_{Bb} = L_{rs} \cos \alpha$$

$$m = L_{rs} [(i_A i_a - i_B i_b) \cos \alpha - (i_A i_b + i_B i_a) \sin \alpha]$$

$$i_A = I_s \cos \omega_s t, \quad i_B = I_s \sin \omega_s t$$

$$i_a = I_r \cos \omega_r t, \quad i_b = I_r \sin \omega_r t$$

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

$$m = -L_{rs} I_s I_r \sin [(\omega_m - \omega_s + \omega_r) t + \gamma]$$

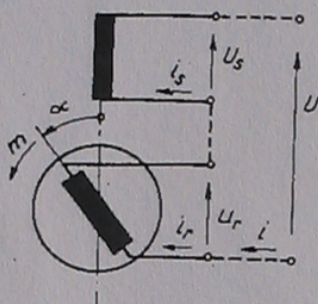
$$\omega_m = \omega_s - \omega_r$$

$$m(t) = M = -L_{rs} I_s I_r \sin \gamma$$

1. Kétkerceses, kiálló pólusú átalakító adatai: $l_s=1,5$ H, $l_r=L_{r0}+L_{r2}\cos 2\alpha = 0,03+0,005 \cos 2\alpha$ [H], $l_{rs}=0,2 \cos \alpha$ [H]. Mindkét tekercset egyenárammal tápláljuk: $i_s=7$ A, $i_r=40$ A

- Határozza meg a rotorra ható nyomatékot, mint az α szög függvényét. Ábrázolja az eredményt.
- Mutassa meg, hogy hányad rész a reluktancia nyomaték maximális nyomaték esetén.

2. Kétkerceses átalakító paraméterei: $l_s= 87$ mH, $l_r= 33$ mH, $l_{rs}=L_{rs}=L_{rs} \cos \alpha= 50 \cos \alpha$ [mH]. Az ellenállásokat hanyagoljuk el. Határozza meg a nyugalomban levő forgórészre ható nyomaték nagyságát $\alpha=90^\circ$ -nál, ha a két tekercset az alábbi ábrán vázolt módon sorbakapcsoljuk és $U=230$ V, $f=50$ Hz-es hálózatról tápláljuk.



Gondolkodtató feladat

1. Kétkerceses átalakító paraméterei: $l_s= 2,2$ H, $l_r= 1$ H, $l_{rs}=L_{rs}=\sqrt{2} \cos \alpha$ [H], $R_s=R_r=0$. A forgórészen levő tekercs rövidre van zárva és az állórész tekercset $i_s=\sqrt{2} \cdot 10 \cdot \sin \omega t$ [A] árammal tápláljuk.

- A forgórészt álló helyzetben tartjuk. Határozza meg a nyomatékot, mint az idő függvényét különböző α értékeknél.
- Határozza meg a nyomaték időbeli középértékét $\alpha=45^\circ$ -nál.
- Ha a rotort elengedjük, forogni fog vagy beáll valamilyen helyzetbe?

2. Kétkerceses átalakító paraméterei: $R_s=100\Omega$, $R_r=1\Omega$, $l_r= 0,02+0,01 \cos 2\alpha$ [H], $l_s=0,12$ H, $l_{rs}=L_{rs} \cos \alpha= 0,06 \cos \alpha$ [H]. Az állórészt 1A, a forgórészt 10A egyenárammal tápláljuk és a forgórészt 100/s szögsebességgel forgatjuk. Határozza meg:

- az u_s , u_r feszültségek, p_s , p_r pillanatnyi teljesítmények és az m nyomaték időfüggvényét. Ábrázolja a kapott eredményeket.
- a fenti mennyiségek értékeit $\alpha= 30^\circ$, 45° és 90° -nál, ha $\alpha(t=0)=0$.

2.2. Frekvencia feltétel

11.11. p.
5. h

$$m = -L_{rs} i_s i_r \sin [(w_m - w_s + w_r)t + \delta]$$

$$w_m = w_s - w_r$$

$$m(t) = M$$

Indukált fesz. számítás

Reluktancia - nyomaték

Erősümiséget az indukció négyzete képezi

Gyárlólat

1. $l_s = 1,5 \text{ H}$ (nagy menetszám)

$l_r = 0,03 + 0,005 \cos 2\alpha$ (kis menetszám)

$$= L_{r0} + L_{r2} \cos 2\alpha$$

$$l_{rs} = 0,2 \cos \alpha \text{ (H)}$$

$$i_s = 7 \text{ A}; \quad i_r = 40 \text{ A}$$

$$m = i_s \cdot i_r \frac{dl_{rs}}{d\alpha} + \frac{1}{2} i_r^2 \frac{dl_r}{d\alpha}$$

$$\frac{dl_{rs}}{d\alpha} \frac{d}{d\alpha} (0,2 \cos \alpha) = -0,2 \sin \alpha$$

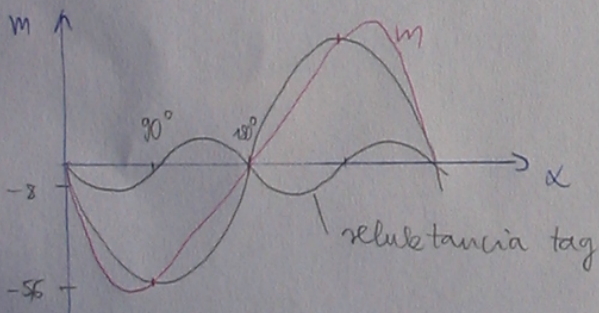
$$\frac{dl_r}{d\alpha} = \frac{d}{d\alpha} (0,03 + 0,005 \cos 2\alpha) =$$

$l_s =$ állandó, ezért hagyjuk el.

$$-0,01 \sin 2\alpha$$

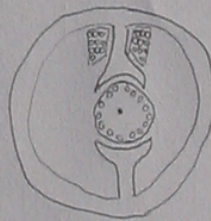
$$m = -7 \cdot 40 \cdot 0,2 \sin \alpha - \frac{1}{2} 40^2 \cdot 0,01 \sin 2\alpha$$

$$m = -56 \sin \alpha - 8 \sin 2\alpha$$



Reluktancia - nyomaték:

$$\sin 2\alpha - s \text{ tag.}$$



b) Maximális nyomaték:

$$\left. \frac{dm}{d\alpha} \right|_{\alpha=\alpha_m} = -56 \cos \alpha - 16 \cos 2\alpha = \dots = 0$$

$$4 \cdot \cos^2 \alpha + 7 \cos 2\alpha - 2 = 0$$

$$\cos \alpha_m = \frac{1}{4}; \quad \alpha = 75,6^\circ$$

$$m(\alpha) = -56 \sin 75,6^\circ - 8 \cdot \sin (2 \cdot 75,6^\circ) = -54,24 - 3,854 = \underline{\underline{-58,1}}$$

$$\text{Arány: } \frac{3,854}{58,1} = 0,066$$