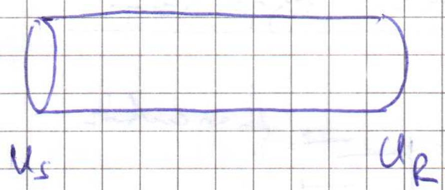
XVII. előadás

2012. IV. 21.

Az eddig az U-Q szabályozás volt. A mostani fontos a P-f szabályozás.

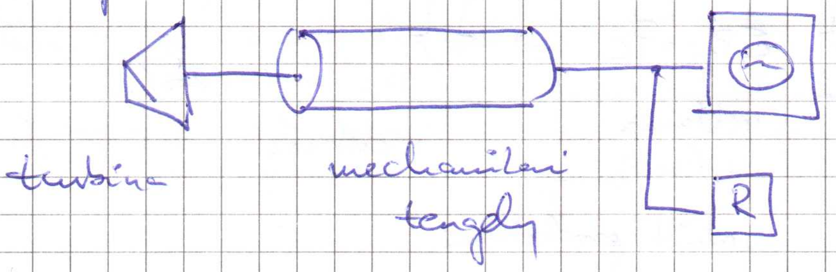
tengely-analógia



$$P = \frac{|U_S|\cdot|U_R|}{|Z_{RS}|}\cdot \sin\delta$$

Z_{RS}: transzfer impedancia

Mechanikai analógia:



Elcsavarodik, mert nyomatékot kell átvinnie

A villamos résznél a tengely vastagságával arányos az $\frac{|U_S|\cdot|U_R|}{|Z_{RS}|}$

A tengely ne vékonyodjon el: meddőbetáplálással megvastagítjuk. (analógia).

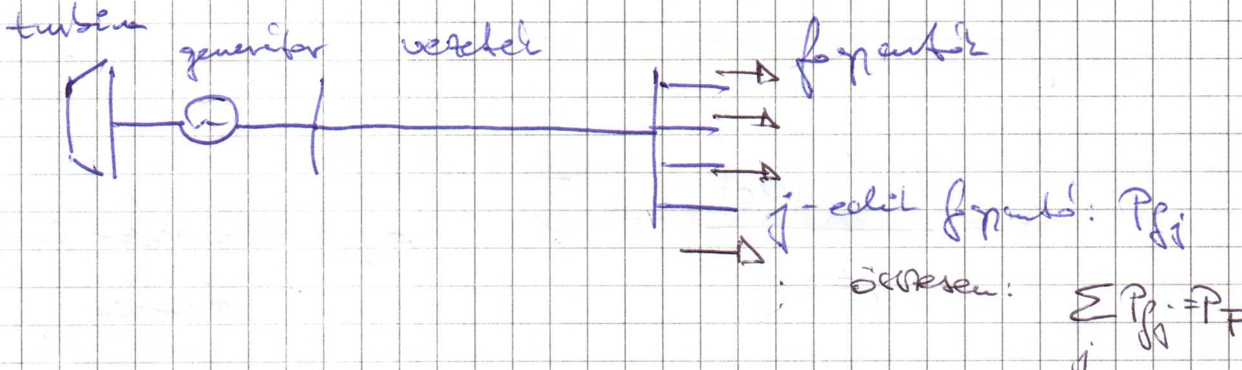
Miközben terheljük a tengelyt, elcsavarodik

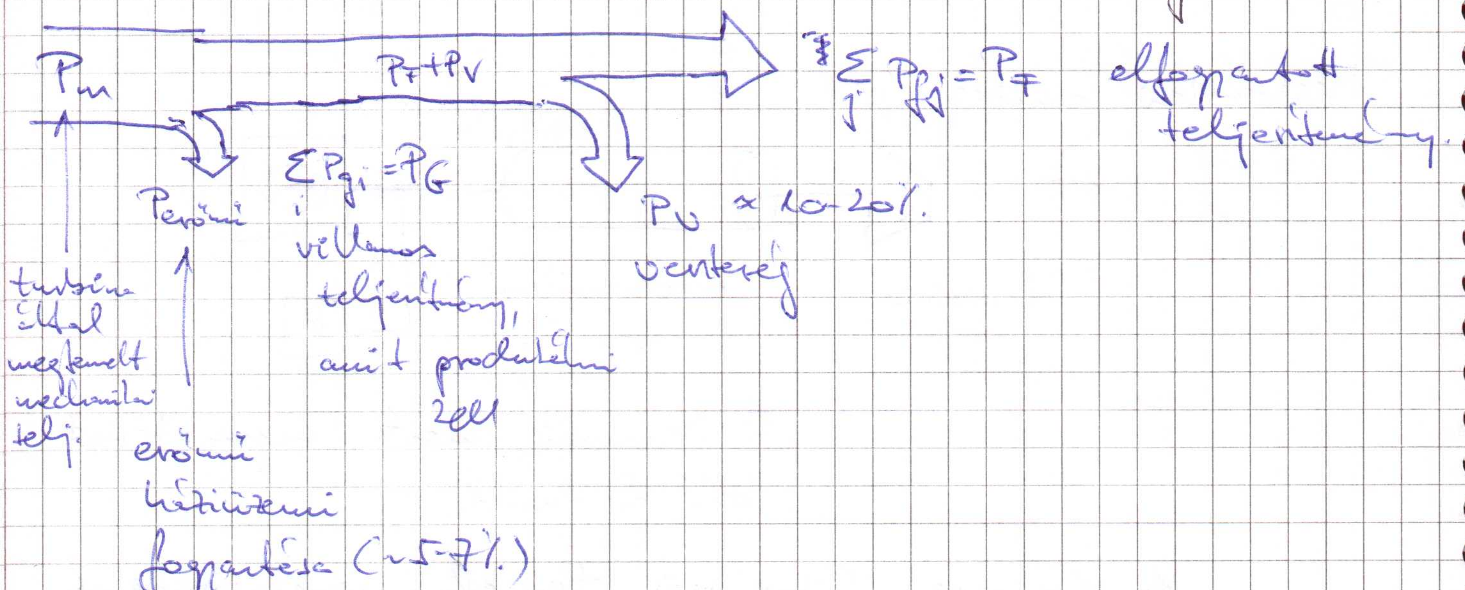
↓

villamosan is van szögeltérés.

A fogyasztók szabadon csatlakozhatnak és vételezhetnek: ehhez a megtermelt teljesítménynek elegendőnek kell lennie és át is kell tudni vinni.

A hatásos teljesítmény statikus egyensúlya





Jó az egyensúly statikusan, ha $P_G = P_F + P_V$.

ezt kell mindig teljesíteni úgy, hogy a fogyasztók úgy fogyasszanak, ahogy akarnak (kivéve a nagyfogyasztókat, mert őket menetrendelhet kötöbér).

Ma a szabályozás számára probléma a szél / napenergia → ezek nagyon változékonyak. (nem csak a szélcsend, ha-nem a nagyon erős szél is probléma).

<u>Dinamikus egyensúly</u>

↓

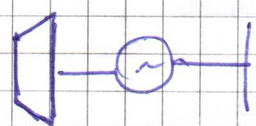
gyors változás

1, Kiesik egy nagy termelőegység

Mo-n. 215MW-os a legnagyobb egység.

2, Fogyasztói oldali kiesés: sikertelen védelmi visszakapcsolás

Hirtelen változást jelent a dinamikus.



A hirtelen kieső teljesítményt a többi generátor forgó (kinetikus) energiája fedezi

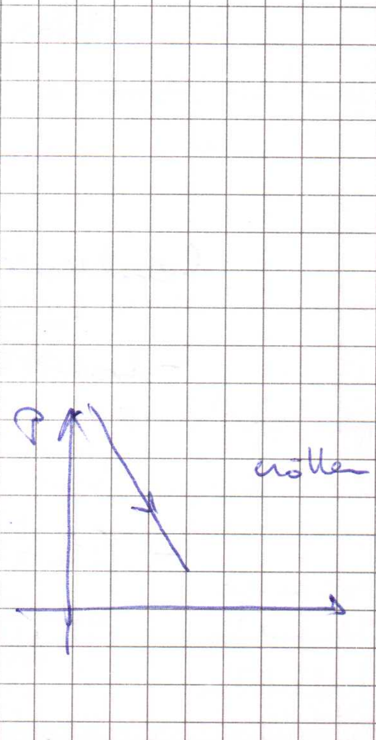
↓

$$\overset{P_{mi}}{\cancel{P_{gi}}} - \frac{dW_{kin}}{dt} = P_{gi}$$

↑ turbina adja be (ez nem tud hirtelen változni. Ennek szabályozása a rendszerszabályozás)

↑ kinetikus energia változása

Ha $W_{kin} \geq 0$ csökken akkor a derivált negatív ↓ ezzel pótolom a hiányt.



haladó mozgás — forgó mozgás

m [kg] tömeg — Θ $[kg \cdot m^2]$ tehetetlenségi nyomaték

$\cancel{F} = m \cdot a$ erő — $M = \Theta \cdot \varepsilon$, ahol $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ szöggyorsulás

ahol $a = \frac{dv}{dt}$

$$P = F \cdot v = $$
$$= m \cdot v \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$P = M \cdot \omega = \underbrace{\Theta \cdot \omega}_{T} \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

T : perdület (inercia)

$$W_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$W_k = \frac{1}{2} \Theta \cdot \omega^2$$

↑ ω időfüggő

$$\frac{dW_k}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \Theta \cdot 2\omega \cdot \frac{d\omega}{dt} =$$
$$= T \cdot \varepsilon$$

$$\boxed{\frac{dW_k}{dt} = T \frac{d\omega}{dt}}$$

Vagyis $P_{gi} = P_{mi} - T_i \frac{d\omega_i}{dt}$

↑ ez az i-edik gépre

Rendszerszinten:

- bevezetjük a rendszer össz-inerciáját (perdület):
$$T = \sum_i T_i$$
- fiktív körfrekvencia
↓
az összekapcsolt, szinkronjáró rendszerben csak 1 frekvencia van (de lokálisan eltér van

nál kis eltérések → ± 0,5 Hz-et maximum).

Ez egy átlagos rendszer-körfrekv. így:

$$\boxed{\omega = \frac{\sum_i \omega_i \cdot T_i}{\sum T_i}}$$

A rendszerre jellemző körfrekvencia.

Így $$P_G = P_M - T \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

(ezek a stacionárius mennyiségek)

Fogyasztók

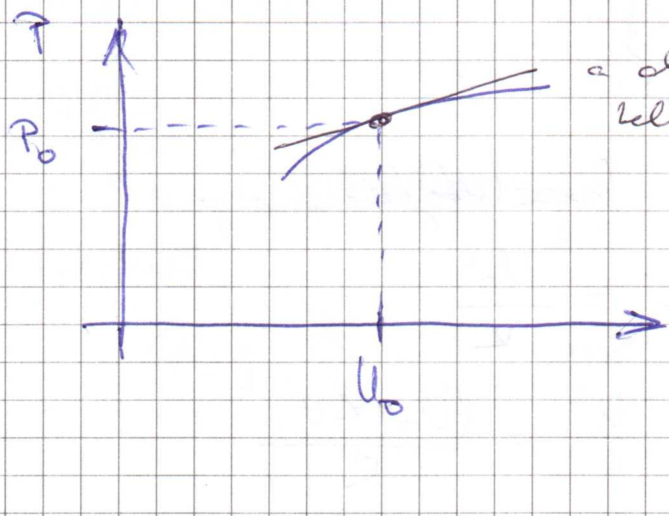
Az egyensúlyhoz kell tudni a fogyasztói karakterisztikáját. Ehhez fogyasztói érzékenységi tényezőket adunk meg.

	U	f
P	$k_{pu} = \frac{\Delta P / P_0}{\Delta U / U_0}$	$k_{pf} = \frac{\Delta P / P_0}{\Delta f / f_0}$
Q	$k_{qu} = \frac{\Delta Q / Q_0}{\Delta U / U_0}$	$k_{qf} = \frac{\Delta Q / Q_0}{\Delta f / f_0}$

k_{pu}: hatásos telj. fesz. érzékenysége

↑

a többi is hasonlóan.



a deriváltat kell megadni: $\frac{\Delta P}{\Delta U}$

De mi viszonylagos egységben adjuk meg:

$$\frac{\frac{\Delta P}{P_0}}{\frac{\Delta U}{U_0}}$$

(így már dimenzió nélküli)

Az érzékenységi tényezők ismeretében az U ill. f változásából a P ill. Q változását meg lehet határozni:

pl:

$$k_{pu} = \frac{\frac{\Delta P}{P_0}}{\frac{\Delta U}{U_0}} \rightarrow \Delta P = P_0 \cdot \frac{\Delta U}{U_0} \cdot k_{pu}$$

~~[illegible]~~ Adott munkapontban P:

$$\boxed{P = P_0 + P_0\left(k_{pu}\cdot\frac{\Delta U}{U_0} + k_{pf}\cdot\frac{\Delta f}{f_0}\right)}$$

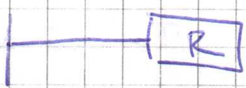
ha semmit nem csinálunk

a változások hatására

Hogy mozdulunk el a munkaponthoz képest.

Az érzékenységi tényezőket az egész rendszerre ismerni kell. Magyarországon ez nincs pontosan megadva. (teljesen pontos méréshez szigetüzembe kell menni, s ott egy terhelést kiadni és mérni a változásokat)

Ha a kérdés:



fesz.-függésérzékenysége = ?

$$P_0 = \frac{U_0^2}{R}$$

$$P_0 + \Delta P = P = \frac{U^2}{R} = \frac{(U_0+\Delta U)^2}{R}$$

Így $\Delta P = P - P_0 = \frac{(U_0+\Delta U)^2 - U_0^2}{R} = \frac{2U_0\cdot\Delta U + (\Delta U)^2}{R}$

$$\approx \frac{2U_0\cdot\Delta U}{R} = \frac{U_0^2}{R}\cdot 2\cdot\frac{\Delta U}{U_0} = P_0\cdot 2\cdot\frac{\Delta U}{U_0}$$

elhanyagoljuk $(\Delta U)^2$-et, mert kicsi

$\frac{U_0}{U_0}$-lal bővítve

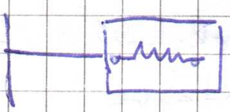
Ebből $$\frac{\Delta P}{P_0} = 2\cdot\frac{\Delta U}{U_0}$$

vagyis $$k_{pu} = \frac{\frac{\Delta P}{P_0}}{\frac{\Delta U}{U_0}} = 2$$

vagyis $k_{pu}=2$ passzív fogyasztóra.

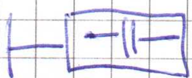
L – fogyasztó olyan induktivitás, ami nem függ a frekvenciától.

f-re ugyanezt meg kell nézni. Csupán függ a fogyasztó struktúrájától. A motor fordulatszámát is meghatározza. De attól is függ, hogy mit hajt)



L

de lehet kapacitás is:



C

A kapacitás lineáris, így teljesül rá, hogy

$Q_0 = \frac{U_0^2}{\frac{1}{\omega C}}$, erre ugyanúgy igaz, hogy $k_{qu} = 2$

Induktivitásnál azonban:

- ha nem telítődő fojtó (légmagos):

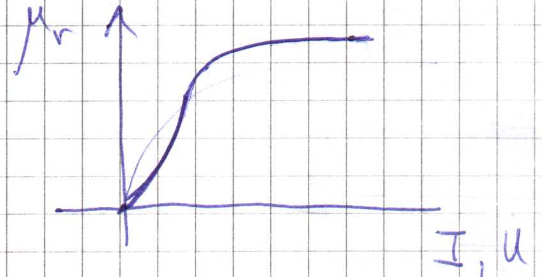
$$k_{qu,L} = 2 \quad \text{(mint az előbb)}$$

- telítődő fojtó:

$U_0 \to L_0$

ha $U > U_0$, akkor $L < L_0$

(L-ben μ_r benne van, ami most elkezd csökkenni)



$\omega_0 = 2\pi f_0$
$\omega = 2\pi f$

$$Q_0 = \frac{U_0^2}{\omega_0 L_0}$$

$$Q = \frac{U^2}{\omega L}$$

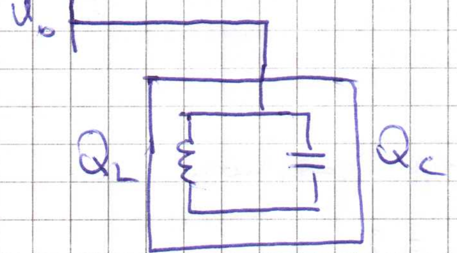
$$\Rightarrow \frac{Q}{Q_0} = \frac{U^2}{U_0^2} \cdot \frac{L_0}{L} \cdot \frac{f_0}{f}$$

de $L < L_0$, így $\frac{L_0}{L} > 1$

Emiatt $k_{qu,L} > 2$ telítődő induktivitásra

Ha kompenzálunk meddőteljesítményt, akkor:

Kompenzált fogyasztó meddőérzékenysége



$$Q_C = Q_{C0} \cdot \left(\frac{U}{U_0}\right)^2$$

Q_L : előbb láttuk.

A kompenzáltság foka: $K_o = \dfrac{Q_{Co}}{Q_{Lo}}$ $\qquad 0 \le K_o \le 1$

↑ ez induktív meddőnek milyen részarányát kompenzálom (a kapacitívval)

Az eredő meddőtelj:

$$Q_o = |Q_{Lo}| - \underbrace{|Q_{Co}|}_{= K_o \cdot Q_{Lo}} = Q_{Lo} \cdot (1-K_o)$$

Az eredő érzékenységi tényező:

$$k_{qu}^{eredő} = \frac{\sum_i k_{qu,i} \cdot Q_i}{\sum_i Q_i} = \frac{\overbrace{k_{qu}^{L}}^{\text{induktívra}} \cdot Q_{Lo} + \overbrace{2}^{k_{qu}^{C}\ \text{(előbb láttuk)}} \cdot \underbrace{K_o \cdot Q_{Lo}}_{Q_{Co}}}{Q_{Lo}(1-K_o)} =$$

az egyedi tényezőket súlyozzuk a teljesítmény-tényezőkkel.

$$= \frac{k_{qu}^{L} + 2K_o}{1-K_o}$$

pontos kompenzációt a (soros) rezonancia-veszély miatt nem használnak

Különböző kompenzáltsági fokok esetén ez:

ez a megkövetelt

K_o	0	0,5	0,8	1
$k_{qu}^{eredő}$	3	4	7	∞

feltételezhetjük $k_{qu}^{L} = 3$ (erősen telített fojtó)

Minél erősebb kompenzálás, a meddő telj.-igény annál feszültségérzékenyebb lesz.

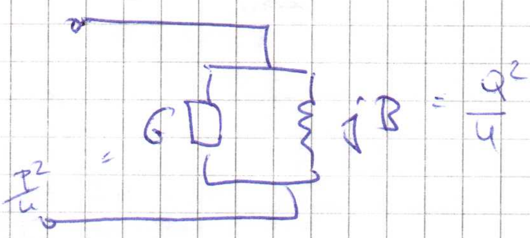
	ΔU	Δf
P	$k_{pu} = 1-2$ (de 1 közeli áltl.)	$k_{pf} \simeq 1$ (ezt igazából csak mérni lehet)
Q	$k_{qu} = 3-8$ (a kompenzáltság fokától függően változik)	$k_{qf} < 0$

Lehet osztályozni a feszültségérzékenység alapján is.

A fogyasztók helyettesítése:

ekkor látszólagos telj.-el jellemzett

ill.



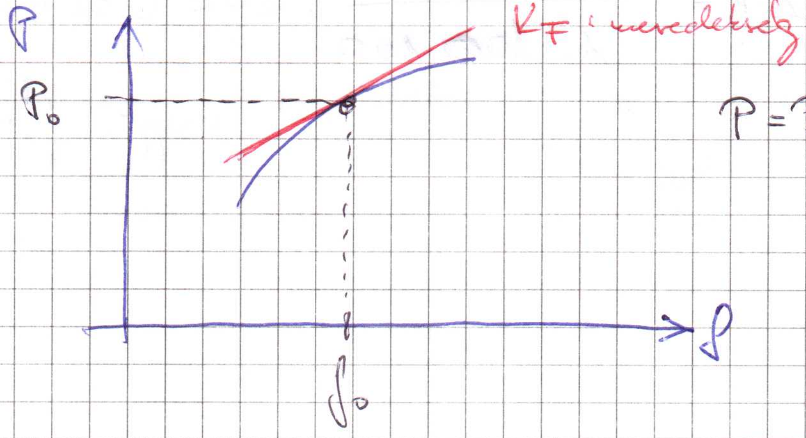
ekkor P és Q adattal.

	k_{pu}	k_{pf}	
A fogyasztó teljesítménytartó	0	0	Főleg inverteres fogyasztó ilyen: AC→DC→AC átalakítás pl. mozdony
Áramtartó fogyasztó	1	1	U·I-hez kötődik a telj.
Impedanciatartó	2	2	

Telj-tartó: U-tól és f-től függetlenül egységnyit vesz fel

A fogyasztó frekvencia-tényezője

↓ az $f - P$ kapcsolatot adja meg.



$$P = P_0 + \underbrace{K_F \cdot \Delta f}_{\Delta P}$$

(munkaponti linearizálás)

$$K_F = \frac{\Delta P}{\Delta f}$$

(ez a derivált, vagyis meredekség.)

Ha Δf-et tudjuk és K_F-et is, akkor a rendszerből kilépő teljesítményt meg lehet határozni.

$$[K_F] = \frac{MW}{Hz}$$

$$P = P_0 + \underbrace{P_0 \cdot k_{pf} \cdot \frac{1}{f_0} \cdot \Delta f}_{\Delta P = k_{pf} \cdot \frac{P_0}{f_0} \cdot \Delta f}$$

így $K_F = k_{pf} \cdot \frac{P_0}{f_0}$

~~A magyar rendszerre~~:

$$\frac{\frac{\Delta P}{P_0}}{\frac{\Delta f}{f_0}} = k_{pf}$$

↓

$$\Delta P = \underbrace{k_{pf} \cdot \frac{\Delta f}{f_0}}_{K_F} \cdot P_0$$

Ebben P_0 is benne van, így rendszerfüggő.

A magyar rendszerre

$P_0 = 6000\,MW$

legyen $\Delta P = 100\,MW$ egység kiesés. ←

ezt kell venni, mint eredeti (~~[illegible]~~ 100 MW) növekedett

Ekkor: $\Delta f = \frac{\Delta P}{k_{pf} \cdot P_0} \cdot f_0 = \frac{100}{1 \cdot 6100} \cdot 50 = 0{,}82\,Hz$

Ha az UCTE - rendszert nézzük (mert össze vagyunk velük kötve):

$$P_0 = 1000\,000\ MW$$

100MW növekedés: így $$\Delta f = \frac{100}{1 \cdot 100100} \cdot 50 = 0{,}05\ Hz$$

k_{pf}

vagyis $f' = 49{,}95\ Hz$