

VER Üzeme és irányítása rész vizsga

1.A Villamosenergia-rendszerek együttműködése, Jogszabály-környezet

1.1 Nagyerőművek, szélerőművek határkeresztező távvezetékek Magyarországon.

- a) három BT ≥ 75 MW erőműt a beépített teljesítmény értékével [max 10%-os hibával] (a térképen e1, e2, e3 módon jelölve)
- b) négy $U \geq 220$ kV-os határkeresztező távvezeték a végponti állomásokkal (a térképen v1, v2, v3, v4 jelöléssel) majd adja meg a megnevezésüket, a feszültség szintet
- c) egy szélerőmű parkot

1.2 VET/Vhr. és KSZ fogalmi meghatározások, értelmezések

- a) rendszerhasználó
- b) közcélú hálózat
- c) csatlakozási pont
- d) leágazási pont
- e) elszámolási pont
- f) felhasználó
- g) lakossági fogyasztó
- h) kapcsoltan termelt energia
- i) kiserőmű
- j) háztartási méretű kiserőmű
- k) legkisebb költség
- l) elszámolási mérési időintervallum
- m) menetrend
- n) mérlegkör
- o) kiegyenlítő energia
- p) utasított eltérés

2 Villamosenergia-rendszer üzemi követelmények

- a) n-1 elv
- b) Rendszerállapotok (normál, ...), rendszerállapot-átmenetek, kapcsolatok
- c) Minőség és biztonság az egyes rendszerállapotokban

3.A Fogyasztói terhelések

3.1 Rendszerterhelés és változásai

- a) Rendszerterhelés fogalma
- b) A rendszerterhelés napi, éves változása
- c) Magyarország éves energiefelhasználása (TWh), éves csúcsterhelése (MW) [évszám, adatok max 10%-os hibával]
- d) A c) pontban megadott számértékekhez az éves csúcskihasználási óraszám meghatározása

3.2 A fogyasztói PF és QF teljesítmény U és f érzékenysége.

- a) A PF, és QF fogyasztói teljesítmény statikus U és f függésének matematikai leírása
- b) A pu, qu, stb. érzékenységi tényezők matematikai meghatározása változások alapján.
- c) Jellemző pu alaptípusok

d) A pu, qu, pf, qf átlagos értéke nagyobb rendszerhez

e) Eredő pu (vagy qu) érzékenységi tényező meghatározása az egyedi fogyasztók jellemzői alapján, ha a paraméterek

3.B Együtműködő rendszerek teljesítményegyensúlya, frekvenciája

3.3 A hatásos teljesítmény és a frekvencia kapcsolatának energetikája.

a) Statikus egyensúly

b) Dinamikus egyensúly

c) Rendszer(szinkron)frekvencia

d) Hálózati csomópont frekvenciája

4.A P-f szabályozás, Teherelosztás, Primer szabályozás együttműködő rendszerben

4.1 A P-f szabályozások rendszere

4.2 Teherelosztás P-f karakterisztikák alapján.

4.3 Primer és szekunder P-f szabályozás egygépes rendszerben

4.4 Primer szabályozás rendszerek együttműködésében

a) A primer szabályozás célja (feladata)

b) Az egyes generátor-turbina egységek részvétele a primer szabályozásban.

c) Az egyes részrendszerek részvétele a primer szabályozásban elvi példa segítségével (A-B-C-D rendszerek szinkronüzemben, az egyikben Pki teljesítmény kiesés)

d) A rendszer eredő statikus dP-df karakterisztikája (primer tartalék:1%, df=200 mHz esetén, KF= 2%/HZ)

5.A Szekunder és terciér szabályozás többgépes rendszerben. P-f szabályozási tartalékok:

5.1 Csereteljesítmény –frekvencia szabályozás a felelősségi elv alapján.

a) A rendszerszintű szekunder szabályozás célja, egyedül járó rendszerben, rendszerek-együtműködésében

b) A csereteljesítmény –frekvencia szabályozás célja (feladata), a felelősségi elv alapgondolata (lényege)

c) Az ACEA= $\Delta P_{AI} - K_A \Delta f$ képlet elemeinek értelmezése

d) 3 alapeset grafikus bemutatása A és B együttműködő rendszerekhez:

1. A felszabályoz, B nem szabályoz

2. A leszabályoz, B nem szabályoz

3. mindkettő szabályoz

5.2 Erőművek szabályozása. Szabályozási tartalékok

a) A szükséges termelés elosztása erőművek (gépegységek) között: feladat, az elosztás fő szempontjai

b) Erőművek (gépegységek) osztályozása a központi irányítás szempontjából

c) Szabályozási tartalékok [osztályozás, rövid kifejtés], a tartalékok fő jellemzői

7.A A frekvenciaváltozás dinamikája, Fogyasztói korlátozás

7.1 A frekvenciaváltozás dinamikája forráskiesés esetén

a) egyszerű elvi modell, paraméterek értelmezése

b) Pki forráskieséskor a f, P_{mech}, P_{vill} időfüggvények minőségileg helyes ábrázolása (közelítés:a fogyasztói igény változatlan, a frekvenciától nem függ)

b) a frekvenciaváltozás menete

c) A folyamat a fő fizikai hatások szerint fázisokra bontva, az egyes fázisok fő jellemzőinek kifejtése

7.2 A frekvenciaváltozás elemzése forráskiesés esetén, Frekvenciafüggő fogyasztói (terhelés) korlátozás (FTK)

a) A frekvenciaváltozás kezdeti meredeksége Pki forráskieséskor, a dinamikus P egyensúly alapján

b) A frekvenciaváltozás menete (időfüggvény) :

c) FTK elvi működése, df idődiagram : 3 fokozatú kialakításból 2 működik

7.3 FTK rendszer kialakítása

8 A VER meddőteljesítmény egyensúlya

A VER meddőteljesítmény egyensúlya

a) A VER globális meddőteljesítmény mérlege, komponensek

b) Meddőteljesítmény egyensúly kifejezése együttműködő rendszertagra, komponensek

c) Az átviteli és elosztó hálózat QAH meddőteljesítmény mérlege, komponensek

d) Az erőművek eredő $\sum Q_E$ és $\sum Q_{gen}$ meddőteljesítmény betáplálásának alakulása, értékelése

9 Az átviteli hálózat U-Q szabályozása

9.1 Az átviteli hálózat U-Q szabályozása

a) A rendszerszintű U-Q szabályozás alapkérdései

b) Szabályozási követelmények, célok, feladatok

c) A szabályozás (irányítás) szintjei, fizikai eszközei

10 A teljesítményátvitel korlátai, feszültségstabilitás.

10.1 A teljesítményátvitel korlátai állandósult üzemben.

a) A teljesítményátvitel fizikai korlátai

b) Átvitel X reaktancián U szabályozás nélküli végpontra: U(P) diagram, átvihető Pmax a stabilitás dP-dU feltétele feszültség-összeomlás kialakulása (pl. kétvezetékes elvi esetben)

c) Átvitel X reaktancián szabályozott U végpontra: P() diagram, átvihető Pmax, a stabilitás dP-d feltétele szinkronozó teljesítménystabilitás-megbomlása kialakulása (pl. kétvezetékes elvi esetben)

11 Szinkrongenerátor paraméterek, üzemi jellemzők

11.1 Szinkrongenerátor új. és rz. jelleggörbe, az Xad , Xd és Xq reaktancia

a) Üresjárás:

b) Rövidzárás:

c) Az Xq keresztirányú szinkron reaktancia

12 Generátormodellek

12.1 Generátor kapocsteljesítménye, terhelési szög, az Up-Xd modell.

a) $P_g + j Q_g$ kapocsteljesítmény kifejezése az Ug-Ig- φ_g fázorábra alapján

b) Túlgerjesztett üzem, alulgerjesztett üzem értelmezése, bemutatása Ug-Ig- φ_g fázorábrán

c) A terhelési szög értelmezése, mérésének elve

d) Az Up-Xd modell származtatása, áramköri képe, Up-Ug-Ig fázorábra

13 Generátor állandósult üzeme

13.1 Szinkrongenerátor terhelési üzemállapotok

a) $U_p - U_g - I_g$ fazorábra

b) P_g és Q_g kifejezése $U_p - U_g - \delta_g - X_d$ alapján

c) P_g max és Q_g min generátorkapcson

d) Az U_p fazor (végpont) mozgásának mértani helye U_g állandó esetén

13.2 Szinkrongenerátor tartós terhelhetősége, P-Q diagram szerkesztése. Rendszerező ismertetés, értelmezések, szerkesztés:

a) Turbina-generátor blokk tartós terhelhetősége

b) P-Q diagram szerkesztése minőségileg helyesen, mennyiségileg arányosan az alábbi adatokkal:

14 Generátor hálózati üzeme

14.1 Generátor hálózati szinkron üzeme

a) Generátor – blokktranszformátor- hálózat kapcsolat áramköri modellje [ábra]

b) A hálózati kapcsolat EH - XH hálózati modelljének értelmezése.

c) $U_p - U_g - I_g$ fazorábrák a $P_g = \text{állandó}$, $U_g = \text{állandó}$ továbbá $Q_g > 0$ $Q_g = 0$ $Q_g < 0$

14.2 Erőművi gyűjtősín U-Q szabályozása.

a) egy generátor gerjesztésszabályozásának alapesetei az állandó, illetve az állandóra szabályozott mennyiség szerint

b) Áramköri modell a több blokkot tartalmazó erőmű NF sín Q-U szabályozásához

c) A QN - UN szabályozási karakterisztika és meredeksége terhelési karakterisztika és meredeksége

d) A QN - UN változások bemutatása ábrákon, ha UN változik: nincs U_g szabályozás U_g szabályozása UNo alapjeltartásra U_g szabályozása QNo alapjeltartásra

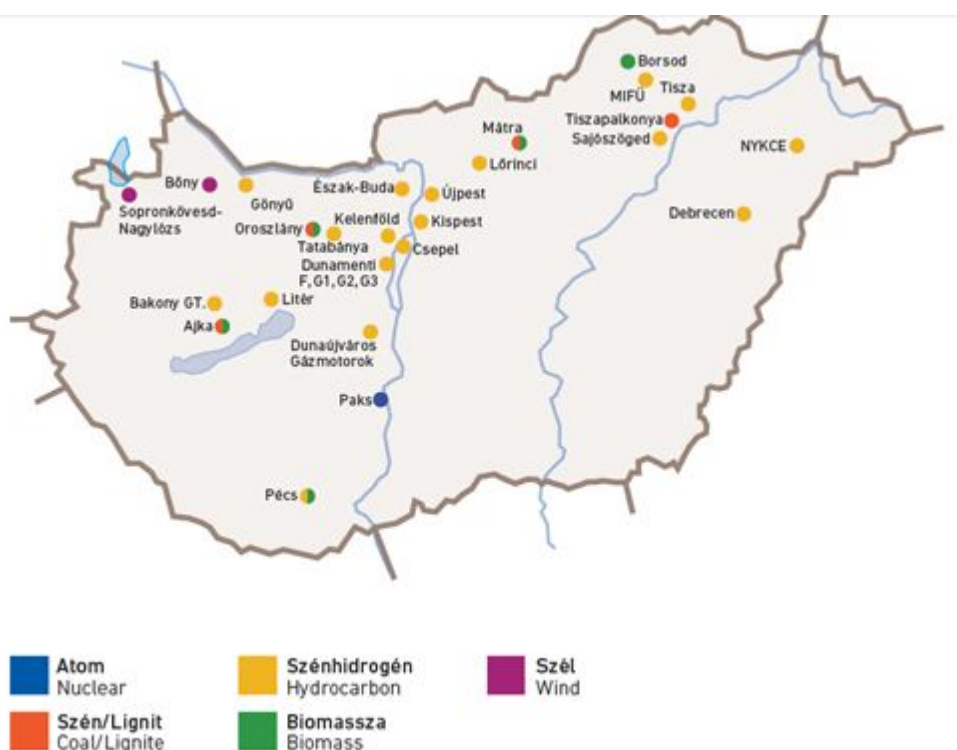
1.A Villamosenergia-rendszerek együttműködése, Jogszabály-környezet

1.1 Nagyerőművek, szélerőművek határkeresztező távvezetékek Magyarországon.

Magyarország megadott térképvázlatán földrazi elhelyezésében minőségileg helyesen adjon meg

a) három BT ≥ 75 MW erőműt a beépített teljesítmény értékével [max 10%-os hibával]

(a térképen e1, e2, e3 módon jelölve)



BT (Beépített teljesítmény) ≥ 75 MW (néhány példa):

Erőmű	BT (MW)	Csatlakozási feszültség (kV)
Paks	2000	400
Mátra	884 illetve 66	120 + 220
Gönyű	433	400
Kiszpest	113,3	120
Újpest	105,3	120
Lőrinci	170	120

Litér	120	120
Sajószöged	120	120
Oroszlány	240	120
Tiszapalkonya	200	120
Tisza II.	900	220+400

b) négy $U \geq 220$ kV-os határkeresztező távvezeték a végponti állomásokkal (a térképen v1, v2, v3, v4 jelöléssel) majd adja meg a megnevezésüket, a feszültségszintet



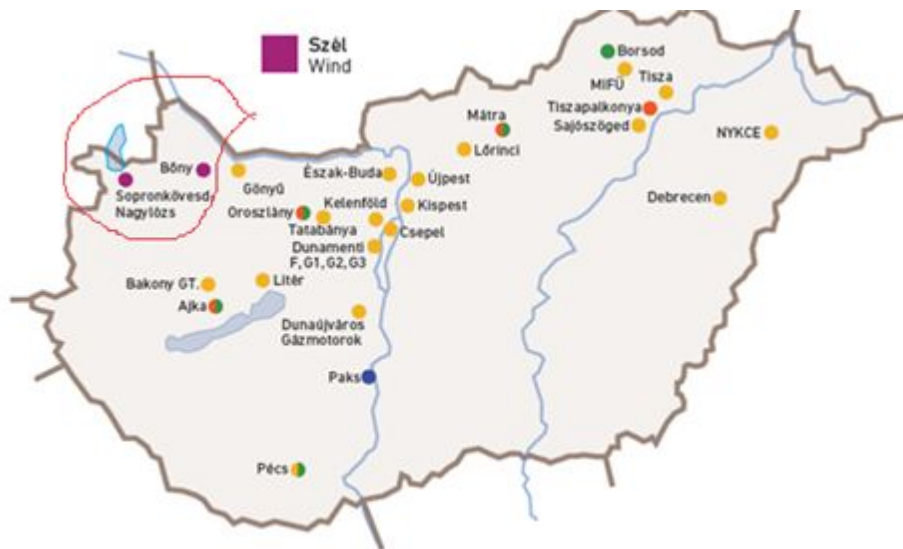
$U \geq 220$ kV határkeresztező vezeték:

1. Alberttírta - Zahidno-Ukrainska (750 kV)
2. Sajószöged – Munkács (400, 220 kV)
3. Göd-Léva (400 kV)
4. Győr – Bős (400 kV)
5. Győr – Bécs (400,220 kV)
6. Hévíz – Zrjavinec (400 kV)
7. Pécs – Ernestinovo (400 kV)
8. Sándorfalva – Szabadka (400 kV)

9. Sándorfalva – Arad (400 kV)

10. Békéscsaba – Nadab (400 kV)

c) egy szélerőmű parkot



1.2 VET/Vhr. és KSZ fogalmi meghatározások, értelmezések

Adja meg az alábbi fogalmak értelmező meghatározását, a lényeg megfogalmazásával:

a) rendszerhasználó

olyan természetes vagy jogi személy, illetve jogi személyiséggel nem rendelkező gazdasági társaság, aki (amely) a közcélú hálózathoz villamos energia betáplálása, illetve vételezése céljából közvetlenül, vagy közvetve kapcsolódik;

b) közcélú hálózat

olyan átviteli vagy elosztó hálózat, amely szükséges a villamosenergia-rendszer biztonságos és hatékony működéséhez;

c) csatlakozási pont

a villamosművek, a villamosmű és a felhasználói berendezés, továbbá a villamosmű, a magánvezeték, a termelői vezeték illetve közvetlen vezeték tulajdoni határa;

d) leágazási pont

a közcélú hálózatnak az a pontja ahol a csatlakozó vezeték a közcélú hálózatra csatlakozik;

e) elszámolási pont

az elszámolási mérés, vagy a mérési rendszer által létrehozott vagy mérésekből számítási eljárással képzett elszámolási mérési pont, amelyhez egyértelműen hozzárendelhető a menetrend, a

rendszerszintű szolgáltatás, az elszámolási mérés, és amely elszámolási pont a csatlakozási ponttal gyértelműen összerendelhető;

f) felhasználó

Egyetemes szolgáltatásra jogosult és azt igénybe vevő fogyasztók

(lakossági fogyasztó, nem lakossági felhasználó:

kisebb, mint $3 \cdot 63 \text{Amp} : 3 \cdot 14.5 \text{ kW} = 43.5 \text{ kW}$)

Piaci fogyasztók

g) lakossági fogyasztó

az a felhasználó, aki saját háztartása – egy felhasználási helyet képező, lakás céljára használt lakóépület, lakás, üdülő vagy hétvégi ház, továbbá lakossági célra használt garázs – fogyasztása céljára vásárol villamos energiát a villamos energia vételezésére megkötött szerződés alapján, és az így vásárolt villamos energiával nem folytat jövedelemszerzés céljából gazdasági tevékenységet;

h) kapcsoltan termelt energia

azonos technológiai folyamatban egyidejűleg termelt mechanikai, hő- és villamos energia;

i) kiserőmű

50 MW-nál kisebb teljesítőképességű erőmű;

j) háztartási méretű kiserőmű

olyan, a kiefeszültségű hálózatra csatlakozó kiserőmű, melynek csatlakozási teljesítménye nem haladja meg az 50 kVA-t;

k) legkisebb költség

az engedélyezett tevékenység gyakorlásához az engedélyesnél, illetve nemzetgazdasági szinten szükséges és indokoltan felmerülő ráfordítás;

l) elszámolási mérési időintervallum

A hálózati vételezések és betáplálások elszámolási mérési időgyakorisága, amelynek értéke 15 perc.

m) menetrend

egy adott naptári napra az elszámolási mérési időegységekre vonatkozó villamos átlag teljesítmények adatsora;

n) mérlegkör

a kiegyenlítő energia igénybevételének okozathelyes megállapítására és elszámolására és a kapcsolódó feladatok végrehajtására a vonatkozó felelősségi viszonyok szabályozása érdekében létrehozott, egy vagy több tagból álló elszámolási szerveződés;

o) kiegyenlítő energia

az átviteli rendszerirányító által a pozitív, vagy negatív irányú menetrendi eltérést kiegyenlítő szabályozás során a mérlegkör-felelősökkel elszámolt villamos energia;

p) utasított eltérés

Átviteli rendszerirányító által adott utasítás a visszaigazolt menetrendtől eltérő termelésre, fogyasztásra (a fel irány a termelés növelésére, illetve a fogyasztás csökkentésére, a le irány a termelés csökkentésére, illetve a fogyasztás növelésére utasít), adott elszámolási pontra és elszámolási mérési időintervallumra vonatkozóan.

2 Villamosenergia-rendszer üzemi követelmények

a) n-1 elv

Az n-1 elv értelmében üzembiztonsági szempontból akkor tekinthető megfelelőnek a villamosenergia-hálózat egy üzemállapota, ha egy tetszőleges rendszerelem (kivéve a közös oszlopsorú vezetékeket és a gyűjtősíneket) kiesésének hatására nem lép fel felhasználói kiesés, a hálózaton határérték-túllépés, túlterhelés, illetve feszültség-, frekvencia zavar.

b) Rendszerállapotok (normál, ...), rendszerállapot-átmenetek, kapcsolatok

Állapotok:

- Normál kapcsolási állapot: tervezett kikapcsolással nem gyengített n állapot
- Normál állapot: elvárt üzemben lévő, feladatait hiánytalanul ellátó állapot (n-1 elvet kielégítő)
- Tervezett kikapcsolással gyengített állapot: előzetesen meghatározott kikapcsolás (n állapot)
- Egyszeres hiányállapot: egyidejűleg 1 rendszerelem hiányzik (n-1)
- Kétszeres hiányállapot: egyidejűleg 2 rendszerelem hiányzik (n-2)

c) Minőség és biztonság az egyes rendszerállapotokban

Normál állapot:

- biztonság, megbízhatóság, gazdaságosság (BMG) követelményei teljesülnek
- n-1 követelmény teljesül
- a termelés, szállítás, elosztás minimális költséggel, illetve veszteséggel valósul meg
- nincs határérték túllépés

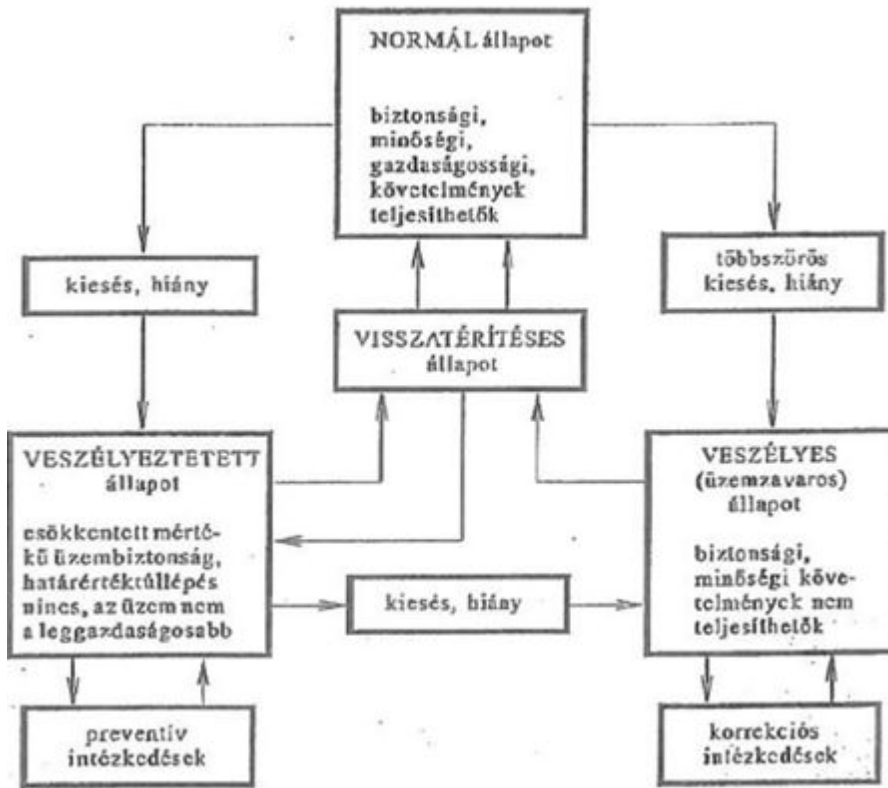
Veszélyeztetett állapot:

- BMG nem feltétlenül teljesül
- n-1 nem teljesül
- üzemeltetési költségek nem minimálisak általában
- nincs határérték túllépés

Veszélyes állapot:

- BMG nem teljesül
- n-1 nem teljesül
- határérték sértés (f, U, P..), túlterhelődések

- rendszer szinkron üzeme megszűnhet, ami szigetekre való szétkapcsolást okozhat
- Black out: teljes üzemszünet (lehet részleges és teljes a rendszerirányító területén belül)
- Visszatérítéses állapot: visszatérés normál vagy veszélyeztetett állapotba (irányító személyzet gyors, határozott intézkedése szükséges), ha rövid időn belül ez nem oldható meg üzemzavar kiterjedését megakadályozó lépéseket kell alkalmazni
- Preventív és korrekciós intézkedések: rendszer állapotáról pontos információkkal kell rendelkezni



3.A Fogyasztói terhelések

3.1 Rendszerterhelés és változásai

Értelmezés, ábra, kifejtő magyarázat:

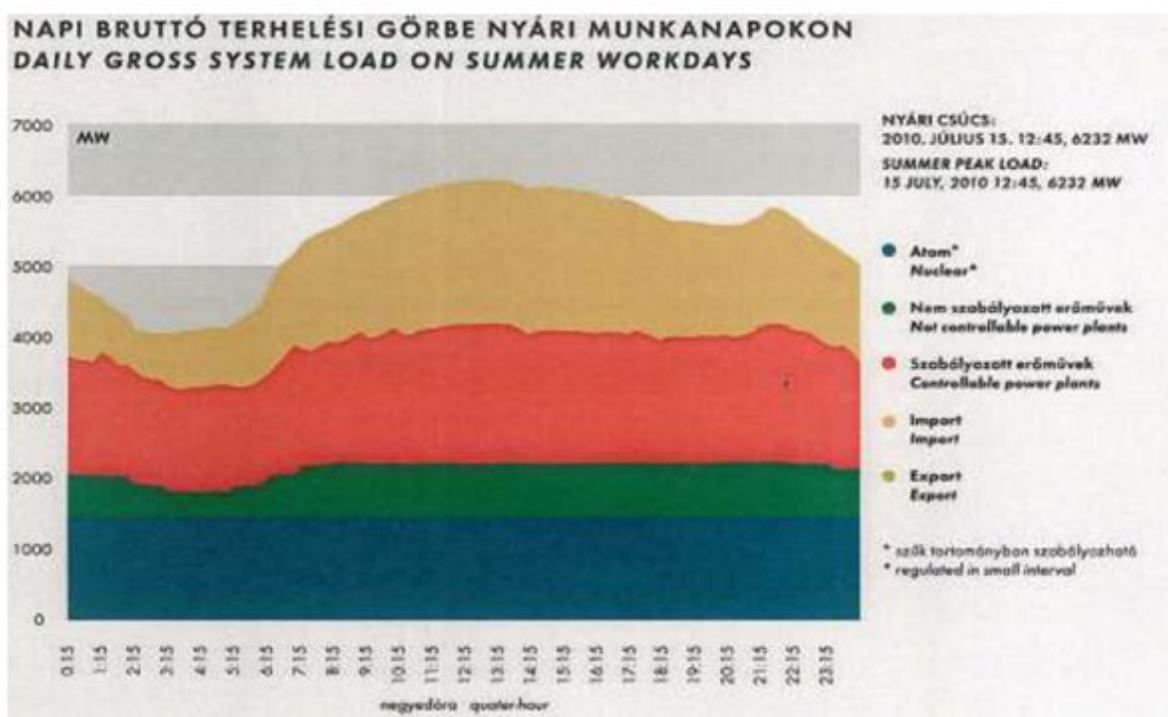
A rendszer fogyasztói-összigényének időbeni (óra, nap, hét, hónap, év) tendenciaszerű változása előre becsülhető (rövid távra nagyobb biztonsággal). Ez az alapja a tervezésnek, a terhelési menetrend készítésének, és ezáltal előre meghatározható (illetve becsülhető) az üzemben tartandó szükséges erőművi teljesítőképesség.

a) Rendszerterhelés fogalma

Bruttó terhelés = Rendszerterhelés = felhasználás + erőmű önfogyasztás + hálózati veszteség
 = Gépkapcsos kiadott + (import-export)

b) A rendszerterhelés napi, éves változása

A napi terhelési menetrend órás bontásban tartalmazza a várható fogyasztói teljesítményigényt. A napi terhelés változására jellemző, hogy viszonylag rövid időtartamú a napi legnagyobb, illetve legkisebb igény, amit csúcs-, illetve völgyterhelésnek (és időszaknak) szokás nevezni. Ennek ismerete, illetve előre becslése, a rendszer üzemének szempontjából alapvetően fontos, mert megadja azt a teljesítménytartományt, amit az erőművi gépegységek szabályozásával, indításával, leállításával "át kell fogni" a terhelésváltozás során, továbbá a csúcsterhelés megadja azt a legnagyobb "igénybevételt", amit a rendszernek el kell viselnie. A napi terhelések maximuma, illetve minimuma adja meg az adott hét, hónap és az adott év legnagyobb, illetve legkisebb terhelését. A hazai VER-ben a nyári munkaszüneti (hajnali) minimum és jelenleg a téli munkanapi maximum a VER két szélső terhelési állapota. Az évi csúcsok változása (trendje), illetve az évek azonos időszakában fellépő csúcsterhelések alakulása, az adott ország villamos energia igényének a jellemzője és ezek előre becslésén alapul a távlati tervezés.



c) Magyarország éves energiafelhasználása (TWh), éves csúcsterhelése (MW) [évszám, adatok max 10%-os hibával]

pl. 2010-ben:

csúcsterhelés: 2010. dec. 01. 16.45 : 6560 MW

éves energiafelhasználás: 42,566 TWh

d) A c) pontban megadott számértékekhez az éves csúcskihasználási óraszám meghatározása

A teljesítményigény éven belüli változását jól jellemzi az éves legnagyobb teljesítmény - az éves csúcs - és az éves felhasznált villamos energia alapján képzett ún. csúcskihasználási óraszám:

$T_{cs\ év} = W_{év} / P_{cs\ év} = 42566000 \text{ MWh} / 6560 \text{ MW} = 6489 \text{ h}$, ami 74,3 %-a az éves óraszámnak.

3.2 A fogyasztói P_F és Q_F teljesítmény U és f érzékenysége.

Képlet, értelmezés, ismertetés, számítás:

Az egyes fogyasztók által felvett, adott időpontra vonatkozó hatásos és meddő teljesítmény, csak változatlan feszültség és frekvencia esetén marad állandó. Például a frekvencia kis növekedésének hatására a motorok valamivel gyorsabban forognak és így állandó nyomaték esetén nagyobb teljesítményt fejtenek ki, vagy az ellenállás jellegű fogyasztók teljesítménye a feszültséggel négyzetes arányban változik.

Az adott időpontban vételezett fogyasztói teljesítmény feszültség- és frekvenciaérzékenysége "munkapontörző" jellegű, az U és f változások ellen hat, illetve azokat mérsékeli, ezért a rendszer működésére stabilizáló hatást gyakorol (például csökkenő frekvencia esetén a felvett P is kisebb lesz, ezáltal csökken a változást okozó teljesítményhiány). Az U és f függés a rendszerben P - Q - U - f keresztkapcsolatokat hoz létre (például: az f csökkenése a Q felvételt növeli, ezért az U csökken, ami a P felvételt is csökkenti és ez kedvezően hat vissza az f -re).

a) A PF , és QF fogyasztói teljesítmény statikus U és f függésének matematikai leírása

$$P = P_o (U/U_o)^{k_{pu}} (f/f_o)^{k_{pf}} \quad Q = Q_o (U/U_o)^{k_{qu}} (f/f_o)^{k_{qf}}$$

Általános esetben:

k_{pu} , k_{pf} , k_{qu} , k_{qf} : fesz.- és frekiérzékenységi tényezők

Kis $\Delta U = U - U_o$ és $\Delta f = f - f_o$ megváltozásra (hatványkitevős alak sorbafejtésével):

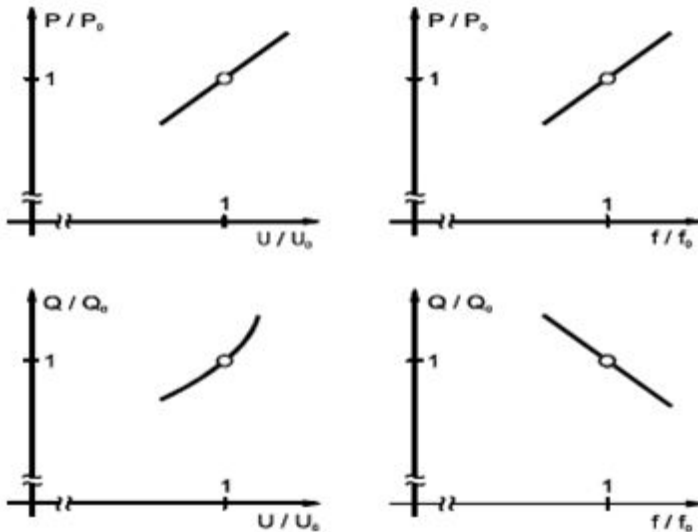
$$P = P_o + P_o (k_{pu} \Delta U / U_o + k_{pf} \Delta f / f_o)$$

$$Q = Q_o + Q_o (k_{qu} \Delta U / U_o + k_{qf} \Delta f / f_o)$$

b) A k_{pu} , k_{qu} , stb. érzékenységi tényezők matematikai meghatározása változások alapján,

$$k_{pu} = (\Delta P / P_o) / (\Delta U / U_o) \quad k_{pf} = (\Delta P / P_o) / (\Delta f / f_o)$$

$$k_{qu} = (\Delta Q / Q_o) / (\Delta U / U_o) \quad k_{qf} = (\Delta Q / Q_o) / (\Delta f / f_o)$$



Egy átlagos fogyasztói terület terhelésének fesz.- és frekiérzékenysége (v.e.-ben 1-1 (névleges) munkapont környezetében jellemző változások)

c) Jellemző kpu alaptípusok

Átlagos fogyasztói területhez közelítőleg a $k_{pu} = 1$ és $k_{pf} = 1$ rendelhető, vagyis 1 % feszültség-, vagy frekvenciaváltozás ugyancsak 1% P teljesítményváltozást eredményez. A Q meddőteljesítményre, a vasmagos, telítődő induktivitások és a kondenzátoros meddőkompenzáció együttes hatásaként, a $k_{qu} = 3 - 8$, és a $k_{qf} < 0$ értékek a jellemzőek.

Változatlan frekin:

- $k_{pu} = 0$ és $k_{qu} = 0$ az állandó teljesítményű,
- $k_{pu} = 1$ és $k_{qu} = 1$ az állandó áramú,
- $k_{pu} = 2$ és $k_{qu} = 2$ az állandó impedanciájú

d) A pu, qu, pf, qf átlagos értéke nagyobb rendszerhez

A különböző k tényezőjű fogyasztói terhelések az összes terhelés és az eredő megváltozás azonosságának elvén, a szuperpozíció alapján vonhatók össze. Például a P_{oi} és a k_{pui} hatásos teljesítmény jellemzők eredőjére vonatkozóan a

$$\sum \Delta P_{oi} = \sum (k_{pui} P_{oi}) \Delta U / U_0 = k_{pu} \sum P_{oi} (\Delta U / U_0)$$

alapján az eredő P_0 terheléshez $P_0 = \sum P_{oi}$ és az eredő k_{pu} érzékenységi tényező:

$$k_{pu} = \sum k_{pui} P_{oi} / P_0$$

Összetett, több fogyasztóból álló fogyasztói csoport feszültségfüggése egyenértékűen leírható például a hatásos teljesítmény vonatkozásában a $k_{pu} = 0$ állandó teljesítményű, a $k_{pu} = 1$ állandó áramú és a $k_{pu} = 2$ állandó ellenállású érzékenység szerinti fogyasztói részarány megválasztásával is:

$$\sum (k_{pui} P_{oi}) = \sum P_{oi} (0 \cdot A + 1 \cdot B + 2 \cdot C),$$

amelyben rendre A a $k_{pu}=0$, B a $k_{pu}=1$, C a $k_{pu}=2$ tényezőjű fogyasztói részarány, és $A+B+C=1$.

e) Eredő pu (vagy qu) érzékenységi tényező meghatározása az egyedi fogyasztók jellemzői alapján, ha a paraméterek

$P_{o1}=10$ MW, $P_{o2}=10$ MW, $P_{o3}=20$ MW és $pu_1=1$ $pu_2=2$ $pu_3=0.5$

$$P_o = \sum P_{oi} = 10 + 10 + 20 = 40 \text{ MW}$$

$$pu = \sum pui \cdot P_{oi} / P_o = 1 \cdot 10 / 40 + 2 \cdot 10 / 40 + 0.5 \cdot 20 / 40 = 7/8 = 0.875$$

3.B Együtműködő rendszerek teljesítményegyensúlya, frekvenciája

3.3 A hatásos teljesítmény és a frekvencia kapcsolatának energetikája.

Képletek, értelmezés, kifejtő magyarázat:

Mivel a váltakozó áramú villamos energia nem tárolható, így a termelést az aktuális fogyasztói igényekhez kell igazítani. A névleges frekvencia és névleges feszültség tartására törekvő szabályozásnak, a villamosenergia-rendszer biztonságos és gazdaságos üzemének számos összetevője van. Normál üzemben az egyes fogyasztói területekre vonatkozó véletlenszerű ingadozások a nagyszámú fogyasztók miatt kiegyenlítik egymást, így az összfogyasztás lassú, előre becsülhető változásban jut érvényre.

$$P_F = \sum P_{fj} \quad Q_F = \sum Q_{fj}$$

A villamos erőátvitel alapvető célja a hatásos teljesítmény elszállítása a fogyasztókhoz, melynek legsajátosabb jellemzője a frekvencia, mely általában lassan változó és állandósult állapotok sorozatának tekinthető normál üzemben a rsz. minden pontjában.

Rendszer összes betáplált telj.: $P_G = \sum P_{gi}$ P_{gi} : egyes generátorok vill. telj.
 $P_M = \sum P_{mi}$ P_{mi} : egyes generátorok mech. telj.

Erőművek háziüzemi fogyasztása az össz. kiadott teljesítmény 6-8 %-a, ez legyen P_F része. A szállítási veszteség (P_V) kb. 10-12%-a P_G -nek.

Minden pillanatban a vill. telj. egyensúly:

$$P_G = P_F + P_V$$

a) Statikus egyensúly

Állandósult üzemállapotban (df/dt kb. 0) a generátorok mechanikai (P_{mi}) és vill. (P_{gi}) telj. azonos. (így $P_G = P_M$)

P_{F0} -t követő P_M szabályozás (gőznyomás, gőztömeg segítségével) kell ahhoz, hogy az egyensúly az $f=f_{névleges}$ frekvencián jöjjön létre. Átmeneti állapotokban a frek ezen átlagérték körül leng, és új állandósult állapotban erre simul rá.

b) Dinamikus egyensúly

Változó fordulatszám (frekin) egy gen.-turbina egység telj. egyenlege: $P_{gi} = P_{mi} - dW_{ki}/dt$
 dW_{ki}/dt : forgó tömeg kinetikus energiájának változása (gyorsulásból felvett, vagy felszabaduló)

$$P_{gi} = P_{mi} - dW_{ki}/dt \text{ másképp: } P_{gi} = P_{mi} - M_i d\omega_i/dt, \text{ ahol } M_i = \omega_i \cdot \Theta_i \text{ perdület.}$$

Lassuláskor $P_{gi} > P_{mi}$ (kevés a gőz J)

$$\text{dinamikus telj. egyensúly: } P_G = P_M - M_s d\omega_s/dt = P_F + P_V \quad \omega_s: \text{átlagos körfreki}$$

f_s addig változik, míg $P_M = P_F + P_V$ nem állandósul. (P_M vagy P_F szabályozásával, egyébként P_F freki és feszültség-függése is korlátozza)

c) Rendszer(szinkron)frekvencia

Periodikus egy jel, ha: $X(t) = X(t - T_x)$ T_x : periódusideje

1 sec-ra vonatkozó periódusok száma $X(t)$ aharmonikus frekvenciája

A VÁR fő jellemzője az ipari (hálózati) szinkron frekvencia, mely az alapharmonikus fesz. sec-kénti sin-periódusainak mérőszáma. Az f reki meghatározása a T (20 msec) periódusidő mérésén alapul, értéke adott k mérési pontra vonatkozóan: $f_k[\text{Hz}] = 1/T_k[\text{sec}]$

Villamos hálózat általában összekapcsolt szinkrongenerátorok együttműködő rsz-t alkotnak, melyben állandósult áll-ban csak egyetlen $\omega_R = 2\pi \cdot f_R$ hálózati szinkron freki lehetséges (minden gépre és csomópontra), ettől a gépek forgórészének frekje és a csp-ok fesz-nek frekje se térhet el tartósan.

Egy rsz. átmeneti áll-ban az időben változó $\omega_R = 2\pi \cdot f_R$ átlagos rsz-körfreki a gen-turbina egységek összegzett kinetikai energiájának egyenértékű kifejezése alapján a gen. forgórészek ω_i vill. körfrekijeinek az együttforgó M_i perdületekkel súlyozott átlagaként határozható meg:

$$W_R = \Sigma(1/2 \cdot \Theta_i \cdot \Delta\omega_i^2) = 1/2 \cdot \Theta_R \cdot \Delta\omega_R^2 \quad (\text{amelyben } \Theta_R = \Sigma\Theta_i)$$

$$\omega_R = \frac{\sum_i \omega_i \cdot M_i}{\sum_i M_i},$$

$\omega_i = p_i \Omega_i$ (a p_i póluspár-szám és a pillanatnyi Ω_i mechanikai körfrekvencia szerint),

Θ_i a forgó tömegek (ω_i -re vonatkozóan értett) tehetetlenségi nyomatéka,

$M_i = \omega_i \cdot \Theta_i \cong \omega_n \cdot \Theta_i$ ezek perdülete,

$\Sigma M_i = M_R$ a rendszer (forgó tömegeinek) összperdülete

$\omega_n = 2\pi f_n$ a rendszer névleges villamos körfrekvenciája.

Vagyis a telj. átrendeződéssel járó folyamatokban a lengések során minden gépegység a perdületével arányosan vesz részt a változó f_R szinkron freki kialakításában. Átmeneti áll-ban vannak ω_R -nél nagyobb és kisebb szögsebességű gépek is. A lengések során azok a gépegységek, melyek kinetikus energiatöbblettel rendelkeznek a szinkronban maradáshoz energiatöbbletet (vill.) a rsz-be kell táplálniuk, többinek energiatöbbletre kell szert tenniük, ahhoz, hogy a forgási sebességük a szinkron körfrekinek megfelelő (3000/sec általában) értékhez tartson

d) Hálózati csomópont frekvenciája

A rsz. vmely j csp-ban mérhető f_j freki az f_R körül ingadozik. A j csp. alapharmonikus poz. sorrendű fesz-e az ω_R rsz-ben:

$$U_j = |U_j| \cdot e^{j(\omega_R \cdot t + \beta_j)}$$

$|U_j|$ - az alaph. poz. sorr. fesz.(fazor) időben vált. eff. értéke
 β_j - ennek pill. szöghelyzete ω_R -ben.

A csp-i fesz. „pillanatnyi” alaph. f_j frekije:

$$f_j = f_R + \frac{d\beta_j}{dt} / 2\pi$$

4.A P-f szabályozás, Teherelosztás, Primer szabályozás együttműködő rendszerben

4.1 A P-f szabályozások rendszere

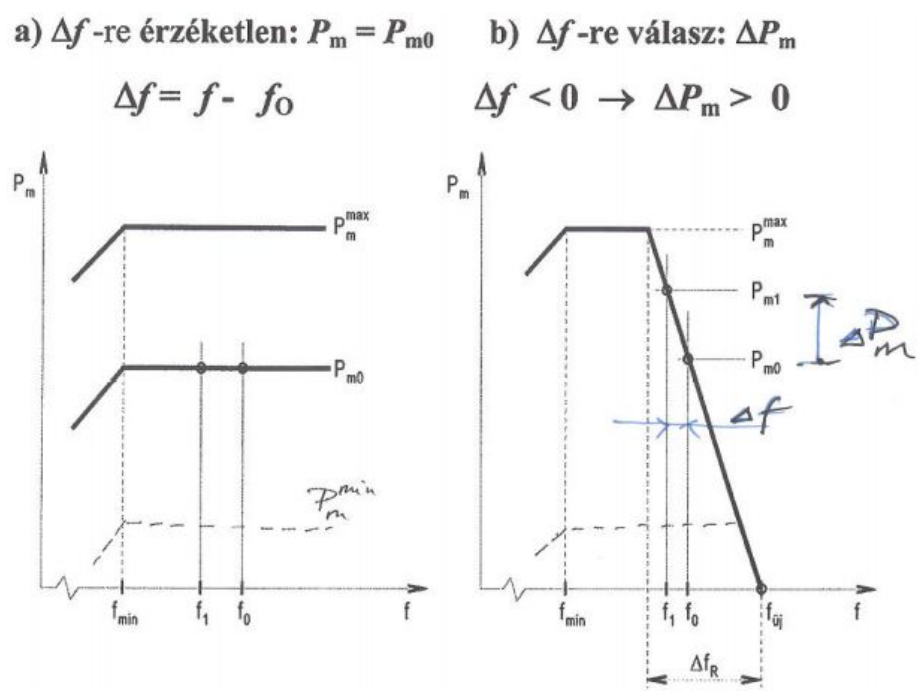
(IDE MÉG KELL)

4.2 Teherelosztás P-f karakterisztikák alapján.

Turbina P-f karakterisztikák.

Ábra, magyarázó ismertetés, számítás:

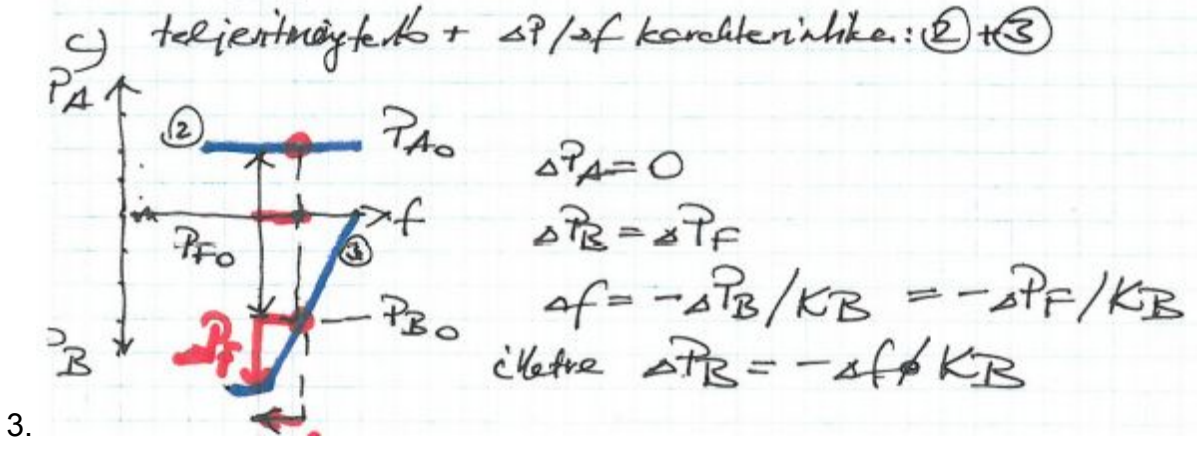
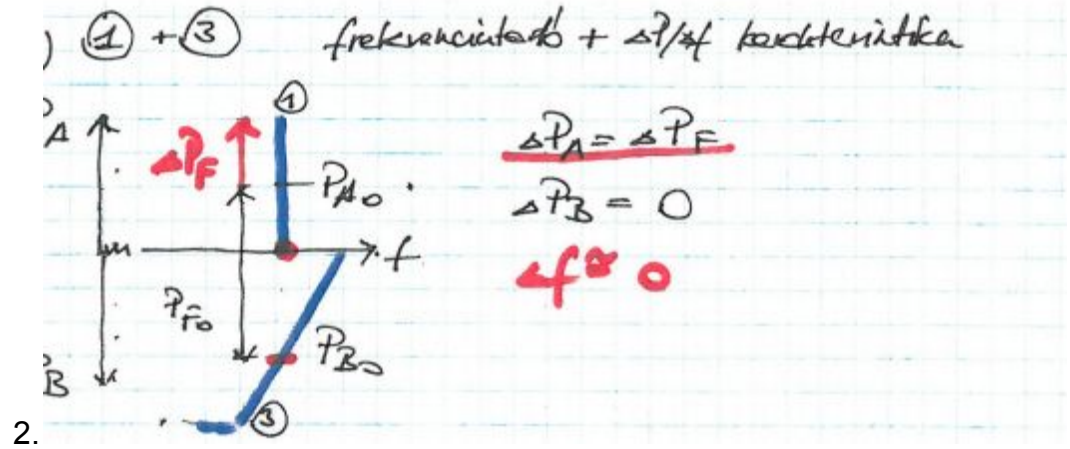
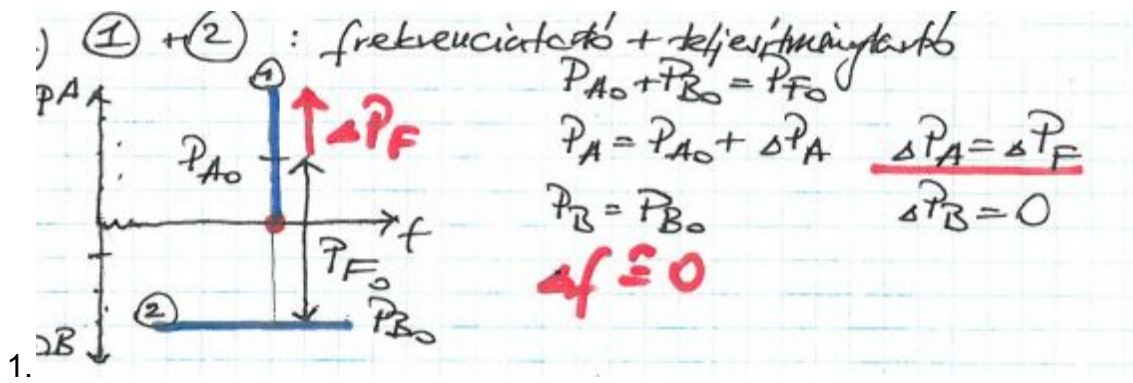
a) A P-f karakterisztika 3 alaptípusának jelleggörbéje (1: frekvenciatartó, 2: teljesítménytartó, 3: df-dP reakció)

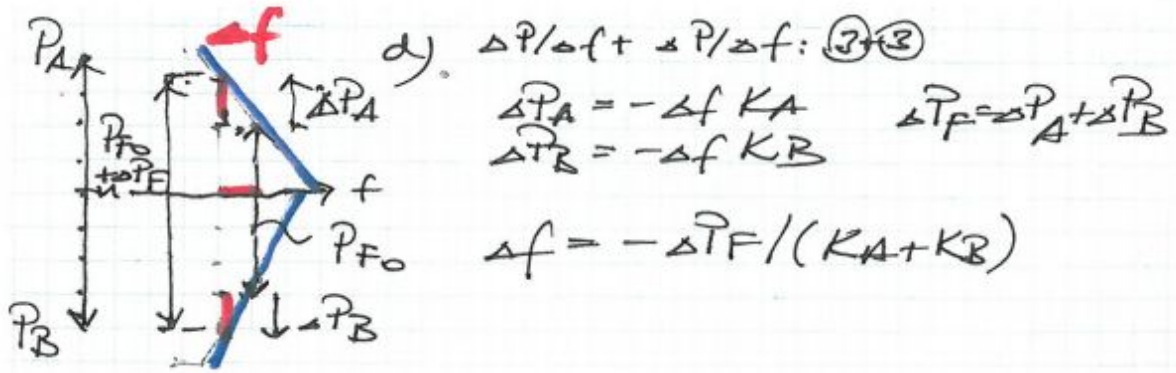


b) A statizmus értéke %-ban, ha $df = 100$ mHz-re $dP = 5$ MW a válasz egy $P_n = 200$ MW-os gépegységénél

$$R = [df/f_n] / [dP_m/dP_{max}] = (0,1/50) / (5/200) = 0,08 = 8\%$$

c) A "két termelő- egy fogyasztó" rendszerben teherelosztás két gép között az a) pont szerinti P-f karakterisztikák alapján, legalább 3 különböző karakterisztika-párosítás esethez [az egyes f-P ábrákon adja meg: a karakterisztikák azonosítását, a kiinduló PF terhelésű üzemállapot, a dPF terhelés-növekedést az egyes gépek teljesítmény leadását, a végállapot frekvenciát]





4.

4.3 Primer és szekunder P-f szabályozás egygépes rendszerben

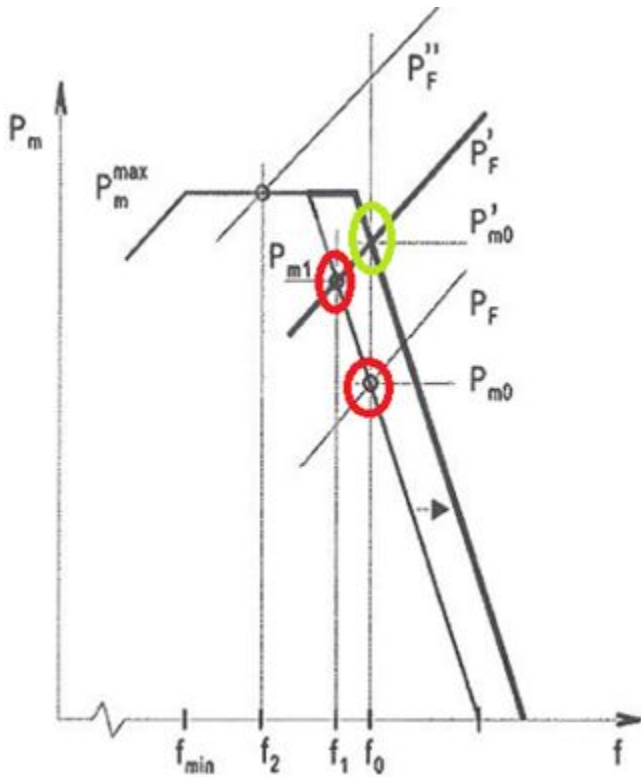
(IDE MÉG KELL)

4.4 Primer szabályozás rendszerek együttműködésében

Ismertetés, képlet, értelmezés, ábra, magyarázat:

a) A primer szabályozás célja (feladata)

A primer szabályozás nem tudja visszaállítani a frekvencia eltérést nullára, csak minimalizálni tudja azt ($df \rightarrow \min$). Az eredeti frekvenciát a szekunder szabályozás tudja visszaállítani ($df \rightarrow 0$). Alsó piros karika az alap állapot, majd megnő a terhelés és lecsökken a frekvencia, ekkor új munkapontba áll be a rendszer (P_{m1} , primer szabályozás $df \rightarrow \min$, középső karika). Ezt követően jön a szekunder szabályozás (zöld karika), visszaállítja az eredeti frekvenciát, de nagyobb teljesítménnyel.



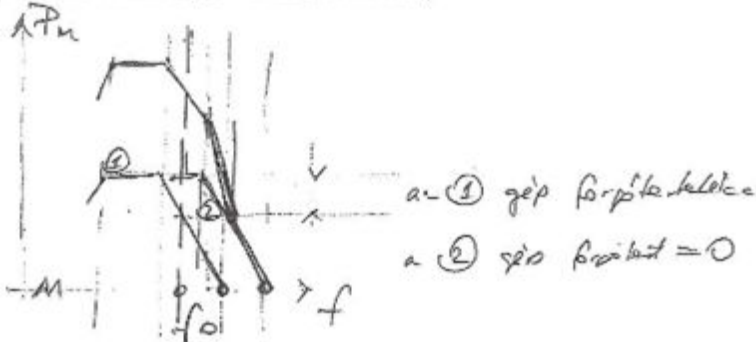
b) Az egyes generátor-turbina egységek részvétele a primer szabályozásban.

Az egyes gépegységek a teljesítőképességük arányában vesznek részt a primer szabályozásban, ha azonos a K^*df , illetve a β

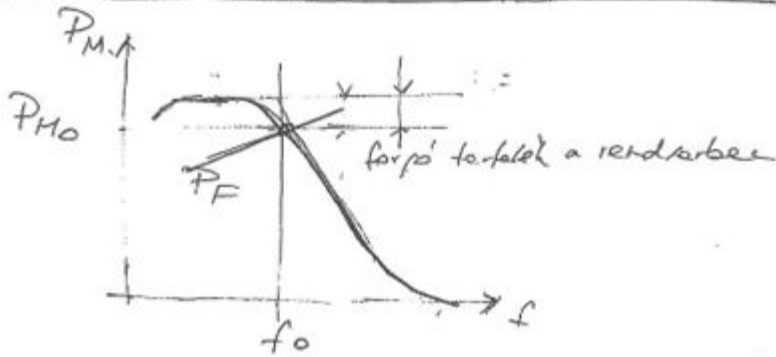
- Ha $\beta = 0$, akkor a gépnél nincs primer szabályozás
- Ha alapjeltartásra szabályoz, így elvesz a primer szabályozás hatása

Primer szabályozási hozzájárulás beállítása, korlátozása az egyes gépekre: a β -hoz K^*df alapjel korrekció tartozik

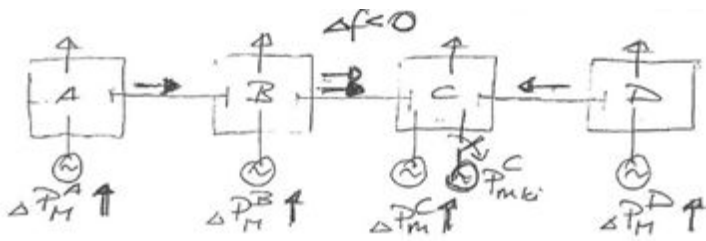
• 2 gép eredő P-f karakteristika



• A rendszer eredő fiktív P-f karakterisztikája



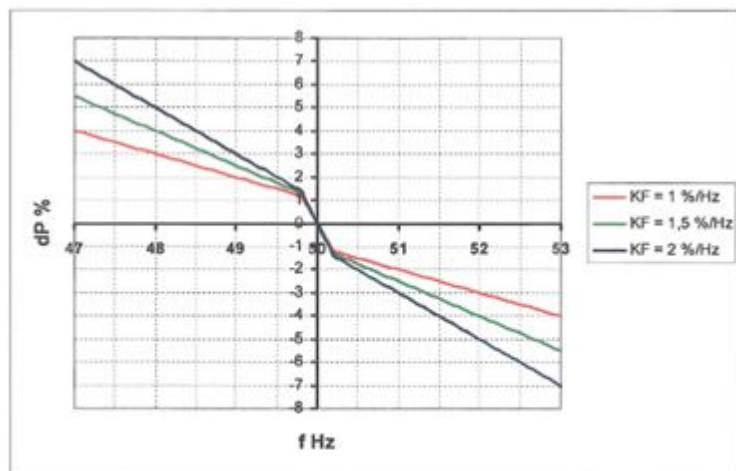
c) Az egyes részrendszerek részvétele a primer szabályzásban elvi példa segítségével (A-B-C-D rendszerek szinkronüzemben, az egyikben P_{ki} teljesítmény kiesés)



- $\sum \Delta P_M < P_{mki}$ de nem sokkal!
- $\Delta P_M^A = -K_G^A \Delta f$ $K_G^A = \sum K_{gi}^A$
- $\frac{\Delta P_M^A}{P_{max}^A} \approx \frac{\Delta P_M^B}{P_{max}^B} = \dots$ útképp a rendszeravariós primer szabályozás, kiépítőihez

Adatok még: ; $df < 0$, így

d) A rendszer eredő statikus $dP-df$ karakterisztikája (primer tartalék:1%, $df=200$ mHz esetén, $KF= 2\%/HZ$)



UCTE szinkron rendszer statikus $\Delta P-\Delta f$ karakterisztikája
 Primer szabályozási paraméterek: $\Delta f_{pro} = 0,2$ Hz , $P_{pr0}=1\%$, $K_{pr} = 1\%/0.2\text{Hz}$

5.A Szekunder és tercier szabályozás többgépes rendszerben. P-f szabályozási tartalékok:

5.1 Csereteljesítmény –frekvencia szabályozás a felelősségi elv alapján.

Ismertetés, értelmezés, ábra, kifejtő magyarázat:

Azonos f_n névleges frekvencián együttműködő (szinkronjáró) rendszerek esetében a szabályozás a frekvenciatartás mellett az egymás közötti teljesítményszállítások előzetesen rögzített (egy nap folyamán adott ütem szerint, például 15 percenként esetenként változó) menetrendjének megtartására is kiterjed. Szabályozásra egyrészt azért van szükség, mert az egyes rendszer-tagok fogyasztói teljesítményigénye időről időre változik és ezt a termelésnek követnie kell, másrészt valamely termelőegység váratlan kiesése is bekövetkezhet, aminek a termelését pótolni kell. Ez az eredendően követő jellegű szabályozás az egyes rendszer-tagok vonatkozásában a csereteljesítménynek a menetrendtől való terven kívüli eltérését és az egész rendszerre vonatkozóan (az eredő primer szabályozás által szűk sávban tartott) frekvencia-eltérést hivatott minimalni, illetve megszüntetni. Ezt a rendszerszintű szekunder szabályozást csereteljesítmény - frekvencia szabályozásnak nevezzük.

a) *A rendszerszintű szekunder szabályozás célja, egyedül járó rendszerben, rendszerek-együttműködésében*

(IDE KELL MÉG)

b) A csereteljesítmény –frekvencia szabályozás célja (feladata), a felelősségi elv alap gondolata (lényege)

A szabályozást rendszer-szemlélettel és a klasszikus ún. felelősségi elv (Darrieux elv) alapján tárgyaljuk, amely felelősségi elv azonban csak akkor érvényesülhet, ha az eltéréseket okozó „felelős” továbbra is részt vesz a rendszer-együttműködésben (nem vált le az együttműködő rendszerről).

A Δf és az egymás közötti $\Delta P_{\text{menetrend}}$ eltérések megszüntetéséhez minden rendszer-tag a saját „eltérés-felelőssége” alapján köteles szabályozni.

Példa: „A” jelű rendszertag szempontjából

Szállítási menetrend tervezett szaldó értéke:

A szükséges egyensúly a menetrendi f_0 frekin:

A gépek pillanatnyi alapjel-összege: P_{G0}^b (ez a rsz-nek az éppen beállított f_0 -ra vonatkozó termelési célértéke)

Tényleges értékek (mérésből): P_1^A és f .

Eltérések:

A felelősségi elv alapján az A rsz-hez $\Delta P_1^A \approx 0$ és a közös $\Delta f \approx 0$ célok eléréséhez az A rsz-ben szükséges eredő ΔP_{G0}^A szabályozás (az egyedi gépegységek alapjel-módosításainak összege).

Ennek a módosításnak a meghatározása a feladat. A szabályozás célja az ACE megszüntetése, ha ez zérus, akkor az A rsz. nem felelős a Δf és/vagy ΔP_1^A eltérésekért. A felelősségi elv alapján a rsz.egyesülés minden tagja – a saját méréseire támaszkodva – a „saját ACE” mértéke szerint végzi a szabályozást és ezáltal az egész rsz-re vonatkozóan $\Delta f \rightarrow 0$ ill. $f = f_0$ frekitartást.

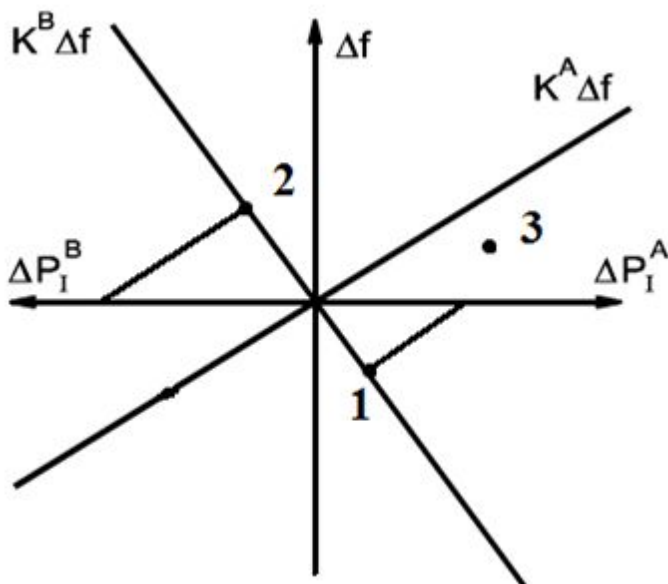
c) Az $ACE^A = \Delta P_1^A - K^A \Delta f$ képlet elemeinek értelmezése

$\Delta P_{G0}^A = ACE$ – területi szabályozási hiba (Area Control Error)

$K^A = (K_G^A + K_f^A)$ az A rsz. eredő frekitényezője, amely egyúttal a cseretelj.-freki szabályozás frekitényezőjének az elvi értéke.

$ACE > 0$ esetén FELszabályozás szükséges, $ACE < 0$ esetén LE.

d) 3 alapeset grafikus bemutatása A és B együttműködő rendszerekhez:



(Az origótól jobbra $\Delta P_1^A > 0$, balra $\Delta P_1^B > 0$, és mivel két rsz. működik együtt, így $\Delta P_1^B = -\Delta P_1^A$.)

A $K^A \Delta f$ egyenes neve: szabályozási határegyenes, ezen $\Delta P^A_{i=K^A \Delta f}$, vagyis $ACE^A=0$, tehát itt A-nak nem kell szabályozni. Az A rendszer felszabályozási (a határegyenes alatti tartományban $ACE > 0$), illetve leszabályozási (a határegyenes feletti tartományban $ACE < 0$) felelősségének tartománya. Egyensúly=origó)

1. A felszabályoz, B nem szabályoz

az 1-es pont a B határegyenesére esik, így ő nem szabályoz. Az A rsz. szükséges szabályozását az A határegyenesével párhuzamos egyenes jelöli ki a ΔP^A_1 tengelyen.

2. A leszabályoz, B nem szabályoz

A 2-es pont szintén a B határegyenesén van, így ő ismét nem szabályoz, azonban ezúttal az A határegyenesére fölé került, vagyis A-nak le kell szabályoznia, melynek mértékét az A határegyenesével párh. egyenes metszi ki a $\Delta P^B_1 = -\Delta P^A_1$ tengelyen.

3. mindkettő szabályoz

A 3-as üzemállapotban $\Delta P^A_1 > 0$ és $\Delta f > 0$. A határegyenesek mutatják, hogy az A rsz-nek $\Delta f > 0$ ellenére is fel kell szabályozni, mert többlet-vételezéssel üzemel (a szükségesnél kevesebbet termel), a B rsz-nek le kell szabályoznia, mert többlet termel, mint kellene, ezért van többlet-szállításban és ezért is nagyobb a freki a névleges értéknél.

5.2 Erőművek szabályozása. Szabályozási tartalékok

Ismertetés, értelmezés, kifejtő magyarázat:

(IDE KELL MÉG)

a) A szükséges termelés elosztása erőművek (gépegységek) között: feladat, az elosztás fő szempontjai

b) Erőművek (gépegységek) osztályozása a központi irányítás szempontjából

c) Szabályozási tartalékok [osztályozás, rövid kifejtés], a tartalékok fő jellemzői

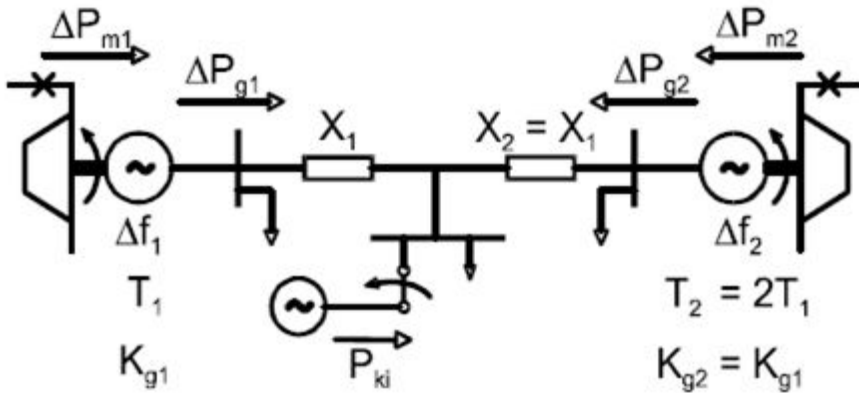
7.A A frekvenciaváltozás dinamikája, Fogyasztói korlátozás

7.1 A frekvenciaváltozás dinamikája forráskiesés esetén

Ábra, értelmezés, kifejtő magyarázat:

Tekintsük át egy termelő gépegység kiesése miatt bekövetkező hirtelen (mechanikai) teljesítményhiány pótlásának energetikai folyamatát és a frekvenciaváltozás menetét.

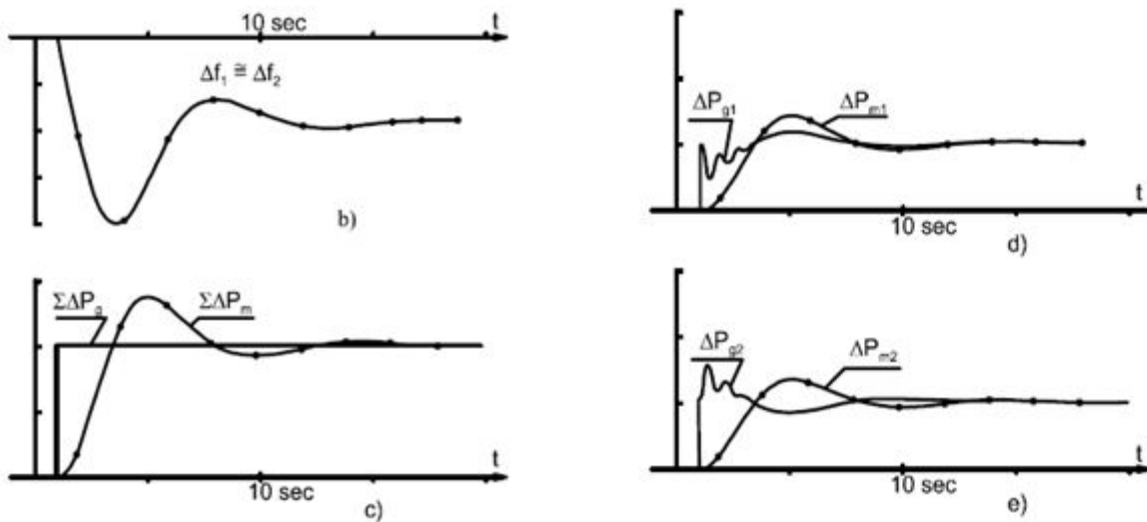
a) egyszerű elvi modell, paraméterek értelmezése



Az 1-es és a 2-es gen-turbina egységtől azonos X reaktanciával jellemzett villamos távolságban üzemelő forrás P_{ki} teljesítménnyel kiesik a rendszerből. Minden pillanatban:

$$\sum P_g(t > 0) = \sum P_f(t > 0)$$

b) P_{ki} forráskieséskor a f , P_{mech} , P_{vill} időfüggvények minőségileg helyes ábrázolása (közelítés: a fogyasztói igény változatlan, a frekvenciától nem függ)



c) A folyamat a fő fizikai hatások szerint fázisokra bontva, az egyes fázisok fő jellemzőinek kifejtése

1) A forrásoldalon kiadott villamos teljesítmény $\sum \Delta P_g$ eredő megváltozása az első pillanattól fogva azonos a kiesett forrásoldali villamos teljesítménnyel, mert a fogyasztói villamos teljesítmény nem változott meg. A kiesett villamos teljesítmény pótlása az első pillanatban ugrásszerűen megjelent az egyes gépegységek kapcsain, a kiesés helyétől vett villamos távolságok fordított aránya szerinti megoszlásban (esetünkben az $X_1 = X_2$ okán fele-fele arányban).

2) Ezt követően az üzemelő gépegységek a kinetikus energia csökkenése révén, a forgó tömegük (illetve az M perdületük) arányában adnak többleteljesítményt. Esetünkben $M_2 = 2M_1$, amelyek hatása a d) és e) időfüggvényeken jól megfigyelhető: a lengő $P_g(t)$ villamos teljesítmények középértéke a nagyobb tömegű 2-es gépegységnél a kezdeti ugrást követően növekszik, a kisebb tömegű 1-es gépnél csökken.

3) A primer szabályozók működésbe lépésekor a gépegységek a turbina $P(f)$ karakterisztika K_g MW/Hz meredekségek arányában adnak többleteljesítményt. Példánkban $K_{g1} = K_{g2}$, amelyek hatására a $\Delta P_g(t)$ villamos teljesítmények középértéke az azonos K_g értéknek megfelelően - követve a $\Delta P_m(t)$ mechanikai teljesítmény változását - azonos értéken állandósul.

Ez a folyamat autonóm módon zajlik le, a valóságban azt mondhatjuk, hogy a hirtelen hiányt az együttműködő rendszerek közelítőleg a forrásteljesítményük részarányában pótolják (ha az összperdület és a primer szabályozási képesség közelítőleg a rendszermérettel arányos), a frekvencia csökkenését közösen minimalizálják. Ez az "önműködő" kisegítés a kooperáció egyik nagy előnye.

4) A frekvencia és a menetrend szerinti csereteljesítmény helyreállítását végül a hirtelen hiányt okozó rendszer-tag szekunder (csereteljesítmény-frekvencia) szabályozásának kell elvégeznie, ha van erre elegendő forrásteljesítménye. A szimulációs időfüggvények ezt a 4) fázist már nem mutatják.

7.2 A frekvenciaváltozás elemzése forráskiesés esetén, Frekvenciafüggő fogyasztói (terhelés) korlátozás (FTK)

Ábra, képlet, kifejtő magyarázat:

Az f_R rendszerfrekvencia Δf_R változásának időfüggvényét a rendszer dinamikus energetikai egyensúlyát leíró

$$P_G = P_M - M_R d\omega_R / dt = P_F + P_V$$

egyenlet alapján adhatjuk meg, amely szerint, ha a veszteséget a fogyasztás részének tekintjük:

$$2\pi d\Delta f_R(t) / dt = (P_M(t) - P_F(t)) / M_R(t)$$

a) A frekvenciaváltozás kezdeti meredeksége P_{ki} forráskieséskor, a dinamikus P egyensúly alapján

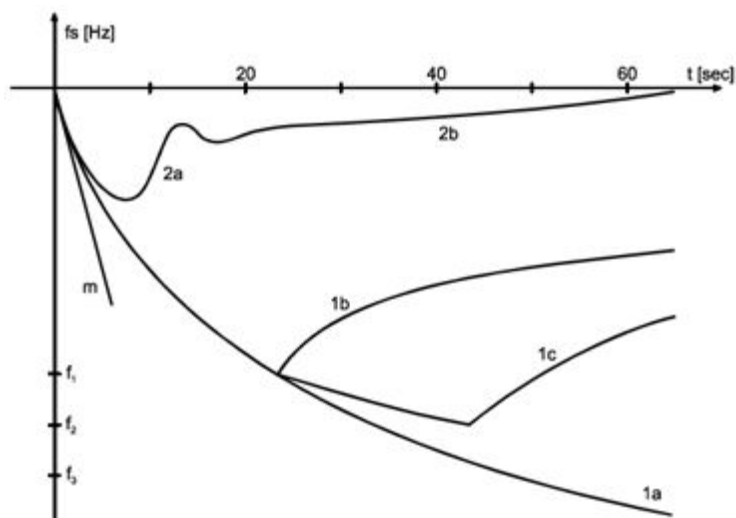
A forráskiesés előtti üzemállapotban $P_M(0) = P_F(0)$, a kiesés pillanatában a rendszer P_M mechanikai teljesítménye a kiesett P_{mki} teljesítménnyel lesz kisebb mint a $P_F(0)$ összfogyasztás:

$$P_F(+0) = P_F(0) \text{ és } P_M(+0) - P_F(+0) = -P_{mki}.$$

A rendszer M_R összperdületének csökkenése gyakorlatilag elhanyagolható, mert $M_{ki} \ll M_R(0)$. Láthatjuk, hogy a frekvenciacsökkenés kezdeti meredekségét döntően a P_{mki} / M_R arány szabja meg. (ábrán m jelű egyenes)

A rendszer M_R összperdülete arányos jó közelítéssel a $P_M(0)$ -al, végső soron tehát a $d\Delta f_R / dt$ kezdőértékét a hirtelen hiány relatív értéket kifejező P_{mki} / P_M aránnyal adhatjuk meg :

b) A frekvenciaváltozás menete (időfüggvény) :



- Elégtelen szabályozás, az FTK működés elmarad

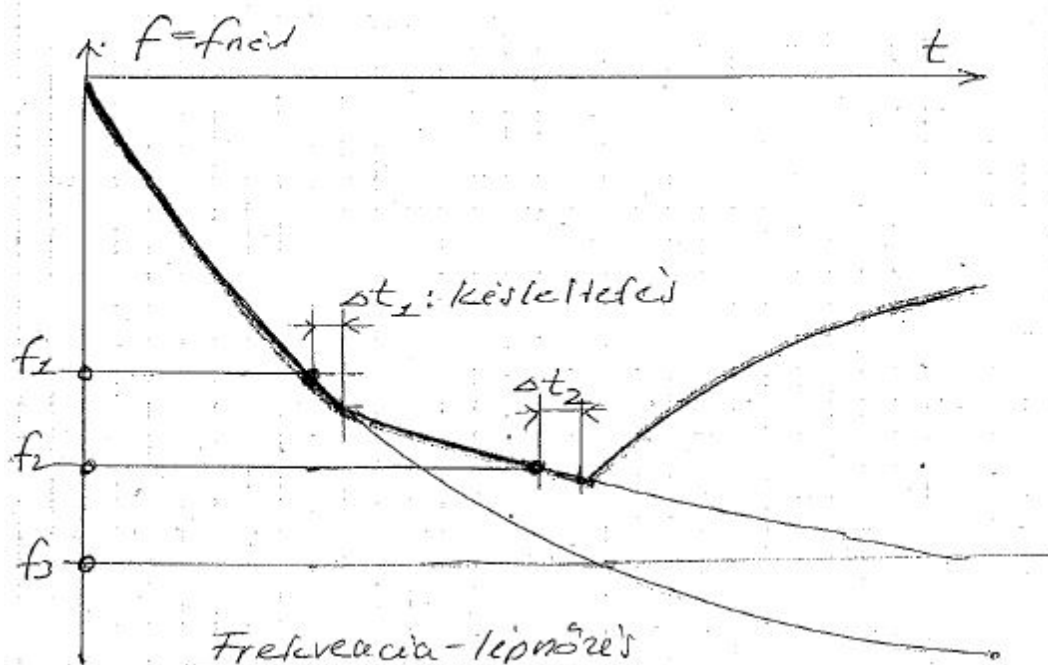
Az 1a függvény a P_M szabályozása nélküli (elvi) esetre vonatkozik: a frekvenciacsökkenést csak a fogyasztói teljesítményigény frekvenciafüggése mérsékeli (kisebb frekvencián közel arányosan kisebb a fogyasztói igény), illetve végül csak ez állítja meg. A f_R változása exponenciális jellegű, mert a folyamat - jelen esetben a frekvenciaváltozás- a saját kifejlődése során fokozatosan felemészt a folyamat elindulását kiváltó okot (jelen esetben a kezdeti teljesítményhiányt).

- Primer + szekunder szabályozás, FTK működés nincs

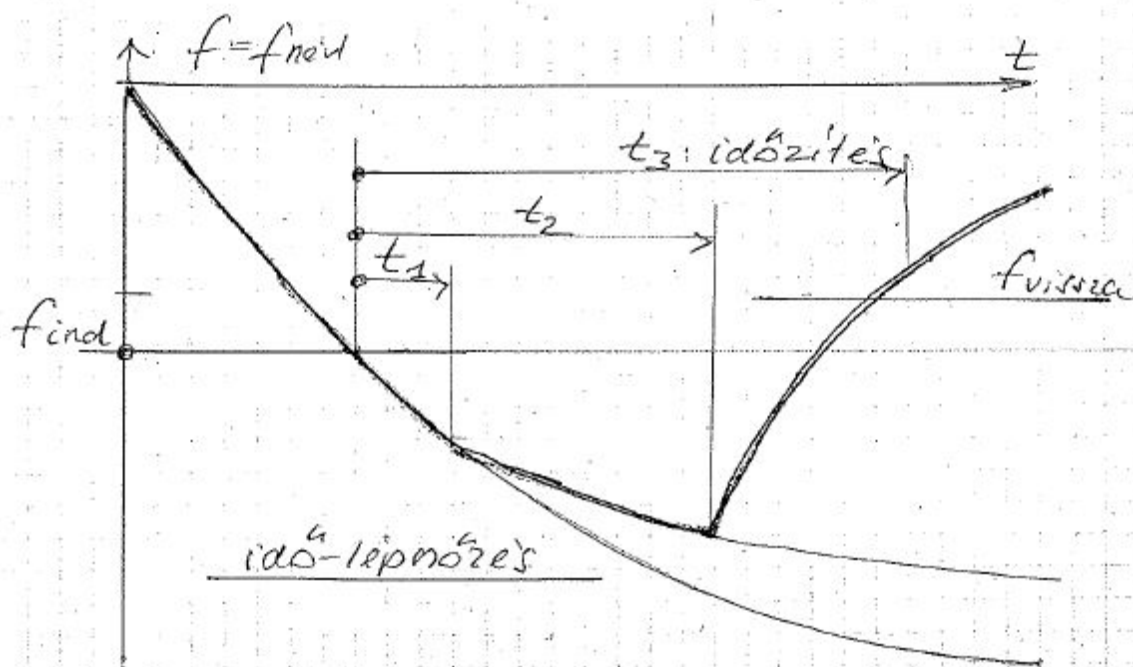
A 2 időfüggvény a primer és szekunder szabályozás hatását mutatja a frekvencia alakulására (FTK nincs, mert nem éri el a freki esés az f_1 -szintet). A frekvencia csökkenése abban a pillanatban áll meg, amikor a tartalékokat gyorsan (csak kb. 2-3 sec késéssel) mobilizáló primer szabályozással a $P_M(t) = P_F(t)$ állapotot elérjük. Ettől az időponttól a frekvencia növekedni fog, a kezdeti erőteljes frekvenciaváltozás miatt dinamikában némi túlszabályozás következik be. Az ábra szerint a kiesés pillanatától számítva kb. 20 sec a primer szabályozás (2a szakasz) befejeződése és további szekunder szabályozás nélkül a frekvencia már nem változna. A szekunder szabályozás lassúbb, lengések nélküli dinamikával (2b szakasz), esetünkben a kieséstől számított kb. 60 sec időpontra, a frekvenciát gyakorlatilag visszahozza a kiesés előtti (kiinduló) névleges értékre.

c) FTK elvi működése, df idődiagram : 3 fokozatú kialakításból 2 működik

FTK kialakítása (elv)



Az előző feladatban is ilyen volt.



Az UCTE frekvencialépcsős FTK kialakítást ír elő.

7.3 FTK rendszer kialakítása

Ábra, ismertetés, értelmezés, kifejtő magyarázat

Frekvencialépcsős és időlépcsős FTK elve, az FTK rendszer kialakításának alapkérdései, egy lehetséges 5 frekvencia-fokozatú rendszer beállítási értékei

(IDE MÉG KELL)

8 A VER meddőteljesítmény egyensúlya

A VER meddőteljesítmény egyensúlya

Képlet, értelmezések, kifejtő magyarázat:

a) A VER globális meddőteljesítmény mérlege, komponensek

A szinkron rendszer egészére:

- Összfogyasztás: $Q_F = \sum Q_{fj}$
- Összes forgógépes és statikus forrás: $Q_G = \sum Q_{gi}$ és $Q_C = \sum Q_{ck}$
 - o Q_{gi} a generátor kapcsokon kiadott meddő
 - o Q_{ck} a helyi meddőforrásokban (kondikban) előállított meddő
- Átviteli és elosztó hálózat eredő Q mérlege: Q_H
 - o a transzformátorok, söntfojtók által elfogyasztott, és a távvezetékek által elfogyasztott () illetve megtermelt () teljesítmények különbsége
- A rendszer minden pillanatban érvényes meddőteljesítmény-egyensúlya
 - o $Q_G = Q_F - Q_C + Q_H$

b) Meddőteljesítmény egyensúly kifejezése együttműködő rendszertagra, komponensek

Az együttműködő rendszerek valamely tagországának (esetünkben legyen ez például a magyar VER) az átviteli- és a 120 kV-os elosztóhálózatára vonatkozóan a meddőteljesítmények egyensúlyát, a hatásos teljesítményekre felírt (6-1a) összefüggéssel formailag azonosan, a egyenletre alapozva a

$$\sum Q_E + Q_I = \sum Q_{F120} + Q_{AH}$$

formában adhatjuk meg, amelyben a „vizsgált” VER-re vonatkozóan:

$\sum Q_E$: az átviteli hálózatba és a 120 kV-os elosztóhálózatba betáplált erőművi meddőteljesítmények összege

Q_I : a nemzetközi vezetékek meddőteljesítmény-áramlásainak a VER-t határoló csomópontokra vonatkozó szaldója (a beáramló a pozitív előjelű): $Q_I = \sum Q_{import} - \sum Q_{export}$

$\sum Q_{F120}$: a 120kV/KÖF állomások eredő meddőteljesítmény felvétele a 120 kV-os oldalon

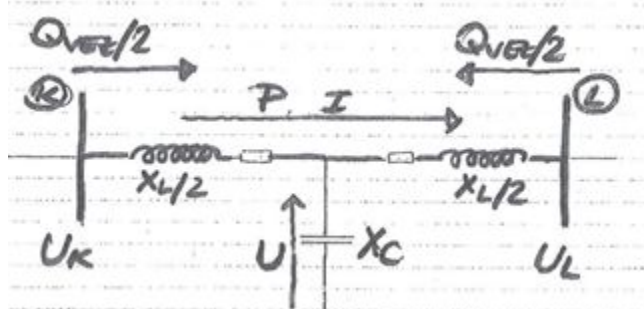
Q_{AH} : az átviteli hálózat és a 120 kV-os elosztóhálózat elemeinek (vezetékek, transzformátorok, DC betétek, fojtótekercek, statikus kompenzátorok) eredő meddőteljesítmény mérlege, amelyben a „fogyasztás” jelleg a pozitív előjelű.

c) Az átviteli és elosztó hálózat QAH meddőteljesítmény mérlege, komponensek

$$\sum Q_E + Q_I = \sum Q_{F120} + Q_{AH}$$

(az egyes tényezőkben a fogyasztás a pozitív értelmezésű)

- QVEZ: mérleg: $\sum Q_{VEZ} < 0$, általában meddőteljesítmény felesleg, a hálózaton $P < P_t$ szállítások, lényegében PVER-től függ



A vezeték Q termelő, ha < 0 és Q fogyasztó, ha > 0

- QTR: veszteség a trafón, mérleg: $\sum Q_{TR} > 0$, a trafókon Q veszteség, lényegében PVER-től függ
- QS: söntofjtók, statikus Q források (ha $Q_S > 0$, akkor söntofjtó, ha $Q_S < 0$, akkor kapacitív meddőtermelő), mérleg: ez egy beavatkozási eszköz QAH alakítására
- QDC: egyenáramú betétek, általában Q-fogyasztó mindkét oldalon, de a szűrőkondenzátorok miatt Q termelő is lehet, mérleg: $\sum Q_{DC} > 0$

d) Az erőművek eredő $\sum Q_E$ és $\sum Q_{gen}$ meddőteljesítmény betáplálásának alakulása, értékelése

$$\sum Q_E = \sum Q_{F120} + (\sum Q_{VEZ} + \sum Q_{TR} + \sum Q_S + \sum Q_{DC}) - Q_I$$

(zárójeles tag az QAH)

$\sum Q_{F120}$: lényegében PVER-től és $\sum Q_{ckf}$ -től függ (a kondenzátortelepek meddőteljesítmény termelése KF-en), ezért QAH- Q_I a mértékadó tényező

$\sum Q_E < 0$: a VER-ben meddő felesleg van, az erőművekkel eredőben meddőteljesítményt kell nyeletni, ez a biztonságra kedvezőtlen hatású

$\sum Q_E > 0$: a VER-ben meddőigény lép fel, az erőművekkel eredőben meddőteljesítményt kell termelni, ez a biztonságra kedvező hatású

Erőművi generátorok, generátor kapocsok összesen:

$$\sum Q_{gen} = Q_E + \sum (Q_{hü} + Q_{btr})$$

Q_E : az erőmű eredő Q betáplása a hálózatba

$\sum (Q_{hü} + Q_{btr})$: háziüzem önfogyasztás és blokktranszformátor veszteség összesen

$Q_{gen_i} < 0$: a biztonságra kedvezőtlen hatású

9 Az átviteli hálózat U-Q szabályozása

9.1 Az átviteli hálózat U-Q szabályozása

Értelmezés, kifejtő magyarázó ismertetés:

a) A rendszerszintű U-Q szabályozás alapkérdései

A VER Q teljesítmény egyensúlya mindig kialakul:

de lényeges, hogy milyen potenciálviszonyok mellett jön létre, milyen az üzemállapot zavartűrő képessége, szabályozási tartaléka, az üzemállapot-változások követése milyen mértékű szabályozási munkát igényel, mekkora az átviteli hálózat és a 120 kV-os elosztó hálózat teljesítmény-szállítási vesztesége, milyen a rendszerösszekötő vezetékek meddőteljesítmény áramlása.

b) Szabályozási követelmények, célok, feladatok

A fogyasztói oldal feszültség szabályozásában fontos szerepe van a 120/KÖF alállomási transzformátorok KÖF oldali terhelés alatti áttételszabályozásának. A 120 kV-os feszültséget a központi üzemirányítás az átviteli hálózati NAF/120 kV-os trafók 120 kV-os oldali ún. átadási feszültségének az előírt sávon belülre történő szabályozásával alapozza meg. Az átviteli hálózati feszültségeket (220 kV és 400 kV) egy előzetesen rögzített, a névleges érték körüli, sávon belül kell tartani.

Az egyes erőművek Q_E , illetve a generátorok Q_{gen} teljesítményét a kapocsfeszültségtől és a termelt hatásos teljesítménytől függő terhelhetőségi korlátok között kell tartani. A $Q_{gen} < 0$ meddőnyelési üzemet csak a stabilitást még nem veszélyeztető mértékben szabad fenntartani. A terhelés alatt szabályozható áttételű blokktranszformátor rugalmasságot biztosít a gyakran ellentmondó kényszerfeltételek kezelésében és növeli a szabályozási tartalékokat.

A meddőteljesítmény kompenzációs eszközöket a helyi feszültségviszonyoknak, a meddőáramlásoknak és a VER eredő meddőmérlegének együttes figyelembe vételével kell szabályozni, illetve ki- vagy bekapcsolni. A határkeresztező vezetékek meddőteljesítmény áramlása befolyásolja a szomszédos rendszerek meddőteljesítmény mérlegét és ezáltal az érintett rendszerek U-Q szabályozását. Az egymástól függetlenül belső szabályozás érdekében ezen vezetékek meddőteljesítmény áramlásait lehetőleg alacsony

szinten kell tartani.

Egyidejű szabályozási követelmények: üzembiztonság, fesz. tartás, gazdaságosság, szerződés megállapodások.

Gyakorlati célok :

- Határérték-túllépések elkerülése

$$I < \max \quad \min < U < \max \quad \text{abs } Q_{K-L \text{ exp/imp}} < \max$$

- Szabályozási tartalékok megtartása, biztonságos üzem

$$\min < Q_{\text{szab-tart}} \quad \delta < \max$$

- Szabályozási tevékenység minimálása

$$\text{Tr. fok-lép} < \max \quad Q_c \text{ ki/be} < \max$$

- Átviteli veszteség minimálása

c) A szabályozás (irányítás) szintjei, fizikai eszközei

Irányítási szintek, eszközök:

- Központi irányítás: rendszer-optimalás, alapjel/távparancs-küldés
- Erőművi irányító központ: optimális U/Q eloszlás
- Helyi érzékelésű és beavatkozó automatikák

Fizikai eszközök:

- Generátor gerjesztés-szabályozás
- Transzformátor-fokozatléptetés
- Söntfajta (kondenzátor) ki-be kapcsolás

10 A teljesítményátvitel korlátai, feszültségstabilitás.

10.1 A teljesítményátvitel korlátai állandósult üzemben.

Rendszerező ismertetés, ábra, képlet, értelmezés:

A teljesítményátvitel fizikai korlátai

- Áramterhelhetőség: tartós túlterhelés során az áram vezető elolvad
- Stabilitás: munkapont kialakulás lehetősége és megtartó képesség (P, Q átvitel a zavarások ellenére)

o Feszültség-stabilitás

§ instabilitás: feszültség összeomlás

o Szinkron stabilitás

§ instabilitás: a szinkronforgó kapcsolat megszakad

· Nemzetközi szállítások

o Teljes átviteli képesség (fizikai határ)

o rendelkezésre álló átvitel képesség (biztonsági tartalék, lekötött szállítások)

Stabilitási határ: elvi átviteli modellek alapján

11 Szinkrongenerátor paraméterek, üzemi jellemzők

11.1 Szinkrongenerátor új. és rz. jelleggörbe, az X_{ad} , X_d és X_q reaktancia

Ábra, értelmezés, magyarázat, áramköri modell:

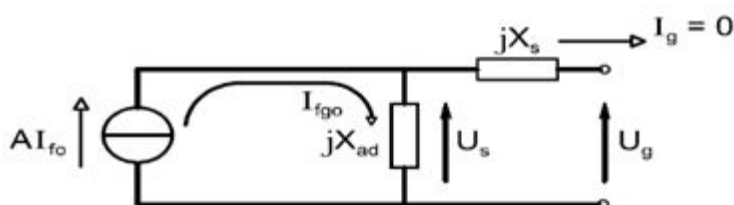
Szinkrongenerátor (nem a kérdésre válasz): A szinkrongenerátorok forgórészében (rotor) egyenárammal gerjesztett, ún. pólus tekercselés van elhelyezve, a forgórész tekercsek száma adja a póluspárok számát. Az állórészbe (sztátor) a póluspárok számának megfelelő, szimmetrikus, háromfázisú tekercselést építenek. A forgórészt mechanikai teljesítményt leadni képes erőgép (turbina) hajtja. A turbina-generátor egység közös tengelyének Ω_m mechanikai szinkron körfrekvenciája és az villamos szinkron körfrekvencia között a p póluspárok száma teremt kapcsolatot: $\Omega_m = \omega / p$ A tengely n fordulatszáma és a hálózati f villamos szinkron frekvencia között az összefüggés: $n = 60 f / p$ (1/perc), 50 Hz-es hálózati szinkron frekvencia mellett a lehetséges szinkron fordulatszámok: 3000, 1500, 1000, 750, 375 ... 1/perc. A gőzturbinák által hajtott szinkrongenerátorok általában egy forgórész tekercssel készülnek, tehát $p = 1$ (azaz kétpólusúak). Az egy póluspárú gépek forgórésze a nagy fordulatszám miatt hengeres kialakítású, a pólustekercs a tömör acél forgórészbe mart hornyokban helyezkedik el. A kisebb fordulatszámra készült, 1-nél nagyobb póluspár számú gépek forgórésze a pólustekercsek beépítésére alkalmasan kiképzett és általában lemezelt vastestű, az állórész tekercselés egyes fázisai is a póluspárok számának megfelelően osztottak és elhelyezettek. A pólustekercselés következtében a szinkrongépek forgórésze mágneses szempontból aszimmetrikus, ezért a gépben kialakuló fluxuskép jellemzésére mágnesezési irányokat szokás megadni. A gerjesztő áram mágnesezési iránya szokásos jelöléssel d (direct), az erre merőleges irány jele q (quadrature). A mágneses aszimmetria a hengeres forgórészű gépeknél is jelen van, azonban ennek hatása kevésbé jelentős.

A szinkrongenerátor üzemét akkor tekintjük állandósult állapotúnak, ha a tengely fordulatszáma, az állórész árama és a forgórész gerjesztő árama nem változik.

a) Üresjárás:

A szinkrongenerátor üresjárási állapotában a gép a névleges fordulatszámmal forog, az állórész tekercsekben nem folyik áram ($I_g = 0$), az U_g kapocsfeszültség az állórészben indukált U_s légrésfeszültséggel egyezik meg ($U_g = U_s$), amelynek nagysága a forgórész egyenáramú I_f gerjesztésével állítható be (a mágneses remanenciát elhanyagoljuk):

áramköri modell üresjárási méréshez,

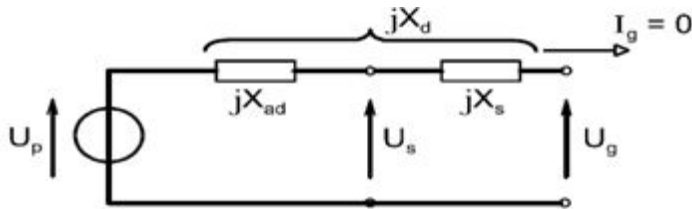


áramgenerátoros modell

Üresjárásban az $I_{fg} = I_f$ áram hozza létre az állórészben indukált U_s légrésfeszültséget. Az állórészt a generátor U_g kapocsfeszültsége és az U_s légrésfeszültség közötti X_s (üresjárásban

árammentes) szórási reaktanciával jellemezzük, az állórész tekercselés ohmos ellenállása a feszültségviszonyok vizsgálatánál elhanyagolható.

fesz. generátoros modell



A modell forrásfeszültsége a csak üresjárásban mérhető

$$U_p = X_{ad} \cdot I_f$$

ún. pólusfeszültség, amely a szinkrongép állandósult állapotára jellemző X_d (d irányú) szinkron reaktancia mögötti feszültségként értelmezhető.

$$U_g = \omega \Psi_g = \omega L_{ad} A I_f = X_{ad} I_f$$

U_g – az állórészben indukált fázisfesz. eff. értéke

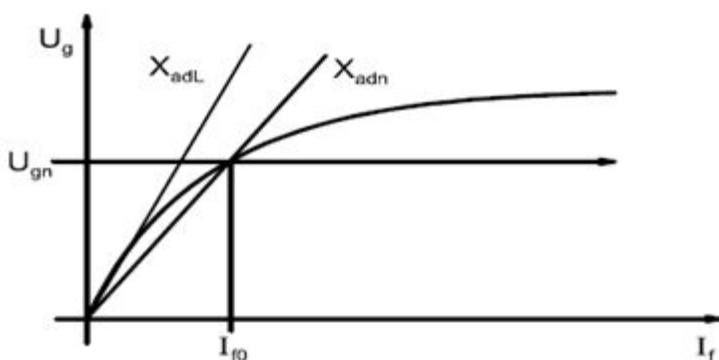
Ψ_g – az állórészsel kapcsolódó fluxus

$X_{ad} = \omega L_{ad}$ – az állórész és a forgórész közötti mágneses csatolást reprezentáló ún. d irányú fővező reaktancia

az A állandó az állórész és a forgórész közötti áram-átszámítási tényező (a forgórész egyenáram és az ezzel egyenértékű állórészbeli fiktív váltakozó áram effektív értéke közötti átszámítási faktor), $I_f = A I_f$ a forgórész áram állórészre átszámított értéke.

űj. jelleggörbe

Az I_f áramot változtatva méréssel meghatározható a szinkrongép $U_g(I_f)$ üresjárási jelleggörbéje, ami a forgórész és állórész vastest mágneses telítődése miatt nemlineáris jellegű, tehát az X_{ad} fővező reaktancia az I_f függvényében folyamatosan változik (növekvő I_f -nél X_{ad} csökken). Telítetlen értéke X_{adL} , amely a mágnesezési görbe kezdeti (lineáris) szakaszára jellemző.



A jelleggörbe kezdeti lineáris UL szakaszára, illetve az U_{gn} névleges feszültségéhez tehát írható: X_{ad} fővező reaktancia, telítődés

$$U_L = X_{adL} A I_f \quad U_{gn} = X_{adn} A I_{f0}$$

$X_{ad} - \omega L_{ad}$ – az állórész és a forgórész közötti mágneses csatolást reprezentáló ún. d irányú fővező reaktancia

A forgórész és állórész vastest mágneses telítődése miatt nemlineáris jellegű, tehát az X_{ad} fővező reaktancia az I_f függvényében folyamatosan változik (növekvő I_f -nél X_{ad} csökken). Telítetlen értéke X_{adL} , amely a mágnesezési görbe kezdeti (lineáris) szakaszára jellemző.

$$X_{adL} = U_L / A I_f \quad X_{adn} = U_{gn} / A I_{fo}$$

X_d reaktancia

A szinkron reaktanciát d irányban az

$$X_d = X_{ad} + X_s$$

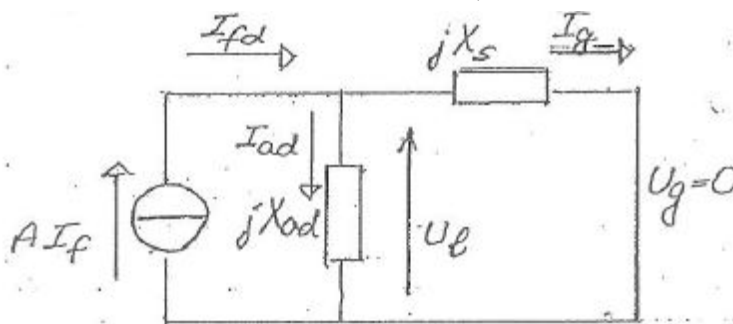
szerint definiáljuk, melynek telítetlen ill. telített értéke:

$$X_{dL} = X_{adL} + X_s \quad X_{dn} = X_{adn} + X_s$$

b) Rövidzárás:

A szinkrongenerátor állandósult háromfázisú kapocs-rövidzársi állapotában a gép a névleges fordulatszámával forog, a kapocsfeszültség zérus ($U_g=0$), az állórész tekercsekben I_g rövidzársi áram folyik, amelynek nagysága a forgórész I_f gerjesztő árama szerint változik.

áramköri modell rövidzársi méréshez,



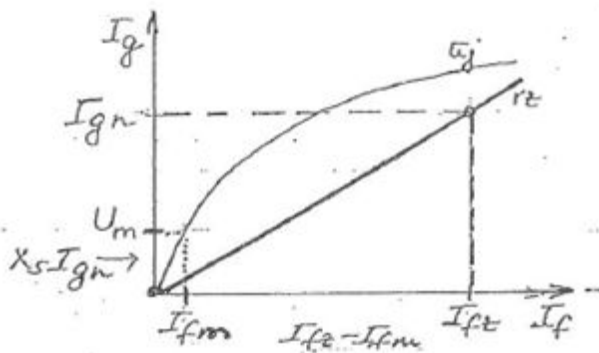
áramgenerátoros

Az állórész áram az áramgenerátoros modell alapján áramosztással fejezhető ki:

$$I_g = A I_f X_{ad} / (X_{ad} + X_s)$$

I_g I_f növelésekor arányosan növekszik, a névleges I_{gn} fázisáramhoz az I_{fz} rövidzársi forgórészgerjesztés szükséges.

rz. jelleggörbe



$I_g(I_f) \sim$ egyenes, I_{gn} névleges áramhoz I_{fz} rövidzárási gerjesztés tartozik. Állórész ellenállást elhanyagolva ($R_a=0$) I_g 90° -ot készít U_i fesz-hez képest, az állórészáram d irányú, $I_d=I_g$ az I_d jelentősen csökkenti az I_f hatását: armatura reakció.

rövidzárási viszony(szám)

A szinkrongenerátorra jellemző villamos paraméter az ún. rövidzárási viszony(szám), amelyet az üresjárásban névleges feszültséget, rövidzárársban névleges áramot eredményező forgórész áramok aránya szerint az

$$RV = I_{fo} / I_{fz}$$

módon definiálunk. Az RV nagyobb teljesítményű, hengeres forgórészű generátorokhoz általában 0.5 körüli érték. Ez azt mutatja, hogy az I_{fo} árammal névleges feszültségre gerjesztett, majd háromfázisúan rövidre zárt $RV=0.5$ paraméterű generátor állandósult kapocszárlati árama a névleges áramnak csak a fele értéke, ha gerjesztést rövidzáráskor továbbra is I_{fo} állandó értéken tartjuk.

c) Az X_q keresztirányú szinkron reaktancia

$$X_q = X_{aq} + X_s$$

módon értelmezett, amelyben X_{aq} a q irányú főmező reaktancia. Az X_{aq} mágneses telítődése az üzemi áramok tartományában elhanyagolható és az $X_{aq} = X_{aqn}$ paraméterrel helyettesíthető, amelyhez

$$X_{aqn} < X_{adn} \text{ tehát } X_{qn} < X_{dn}.$$

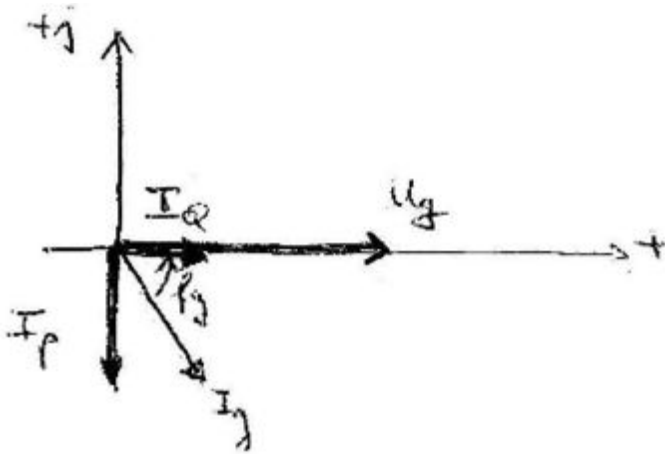
12 Generátormodellek

12.1 Generátor kapocsteljesítménye, terhelési szög, az U_p - X_d modell.

Képlet, fázorábra, értelmezés, magyarázat:

a) $P_g + j Q_g$ kapocsteljesítmény kifejezése az U_g - I_g - φ_g fázorábra alapján

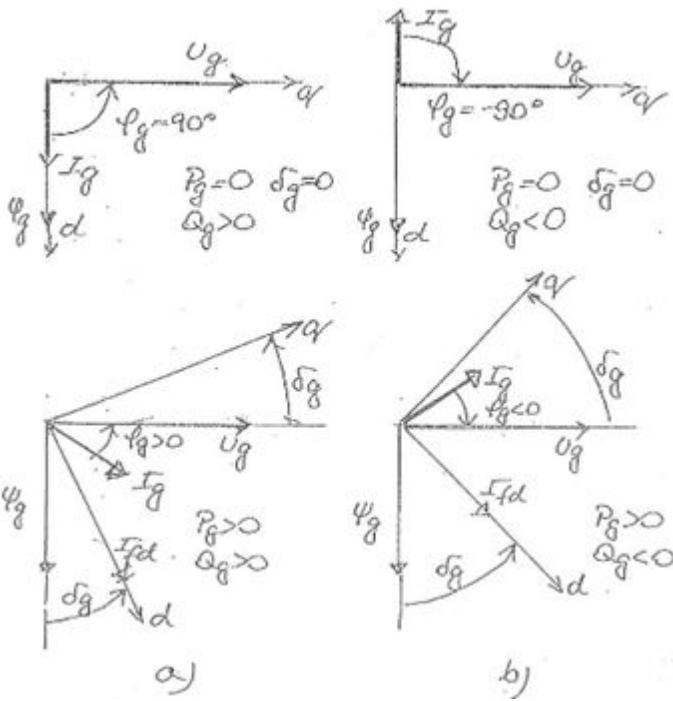
$\varphi_g > 0$, ha az áram késik a feszültséghez képest



b) Túlgerjesztett üzem, alulgerjesztett üzem értelmezése, bemutatása Ug-Ig- φg fazorábrán

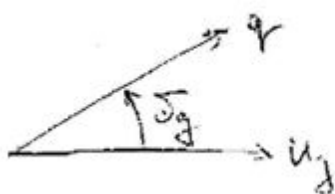
$Q_g > 0$ esetén túlgerjesztett, az áram késik $\varphi_g > 0$ (generátor kapcsain: meddőt termel)

$Q_g < 0$ esetén alulgerjesztett, az áram siet $\varphi_g < 0$ (generátor kapcsain: meddőt nyel)



c) A terhelési szög értelmezése, mérésének elve

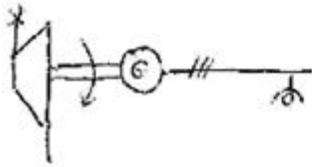
terhelési szöget a q irány, vagyis az U_p és az U_g fazor iránya között értelmezett szöggel definiáljuk



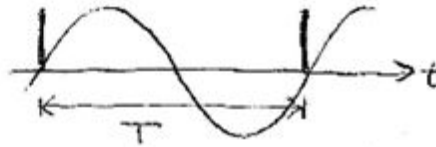
$$\text{Ha } P_g = 0 \rightarrow \delta_g = 0$$

$$\text{Ha } P_g > 0 \rightarrow \delta_g > 0$$

A terhelési szöget nullátmenet mérésével lehet meghatározni:



Mérik a tengelyimpulzust:



Fékezéskor az impulzusok hirtelen
 jönnek, az felállításnál meg a terbe-
 lési szögnek!

$$\delta_g = 2\pi \frac{\Delta t}{T}$$

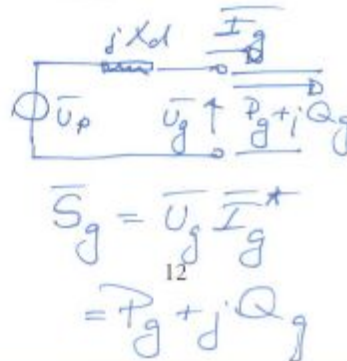
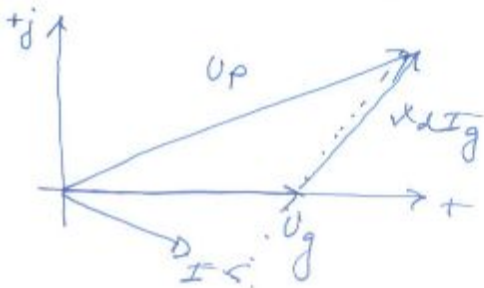
d) Az U_p - X_d modell származtatása, áramköri képe, U_p - U_g - I_g fázorábra

A helyettesítőképet néhány egyszerűsítéssel határozzuk meg:

- a mágneses telítődéshez közelítőlekepezés: $X_{ad}=X_{adn}$
- elhanyagoljuk az $X_{ag}<X_{ad}$ eltérést, így $X_{aq}=X_{ad}$

A modellben $X_d=X_q=X_{dn}$

Helyettesítőkép:



13 Generátor állandósult üzeme

13.1 Szinkrongenerátor terhelési üzemállapotok

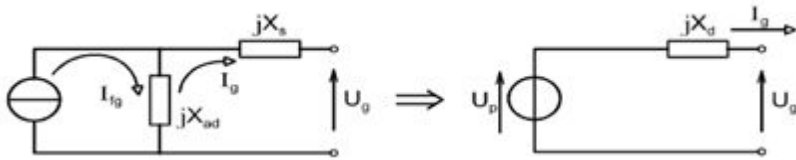
Modell, fázorábra , értelmezés, magyarázat:

A szinkrongenerátor hálózatra kapcsolási műveletét szinkronozásnak nevezzük. Ehhez előzetesen a generátort névleges fordulatszámra kell hozni és névleges feszültségre kell gerjeszteni, pontosabban az szükséges, hogy a generátor kapocsfeszültsége és annak f

rekvenciája az U_H hálózat oldali feszültséggel és annak f_H frekvenciájával azonos legyen:

Ideális esetben az U_H és U_g közötti fázisszög zérus. Kedvezo eset, amikor U_g késik, mert ekkor berántja a generátor forgórészét.

Modell:



a) $U_p - U_g - I_g$ fazorábra

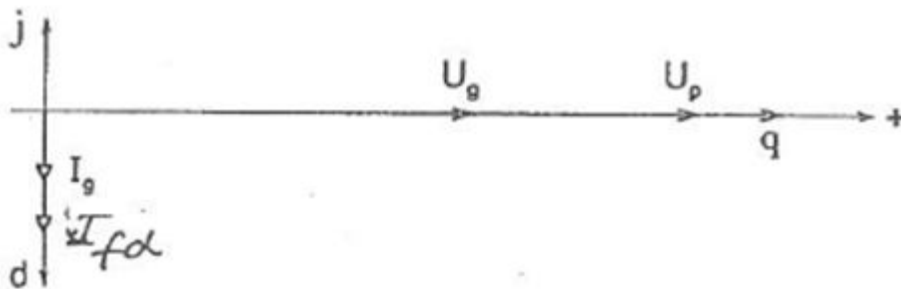
kompenzátoros üzem,

(a túlgerjesztett es alulgerj. uzem fazorabrai kompenzatorosra értendok)

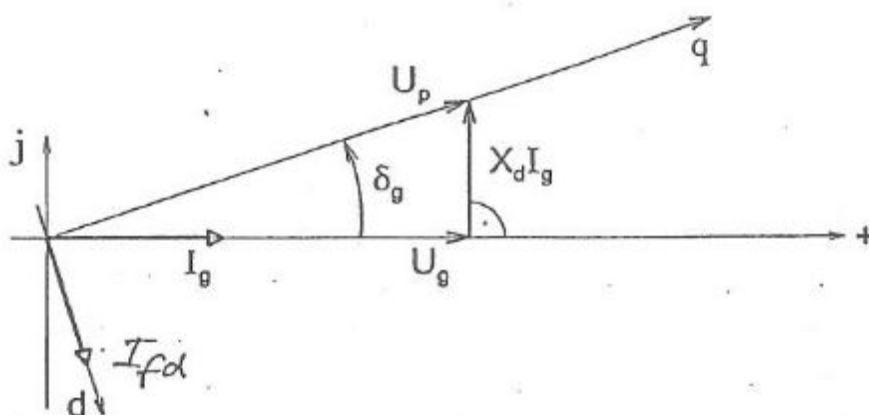
$P_g=0$, de I_g nem zérus, ekkor a szinkrongépnek csak feszültszabályozó, meddőteljesítmény termelő, illetve meddőteljesítmény fogyasztó (nyelő) szerepe van. A hálózatra kapcsolt generátor leadott hatásos teljesítménye zérus ha az I_g állórész áramnak nincs az U_g kapocsfeszültség irányába eső összetevője így a pólusfeszültség, a légrésfeszültség és a kapocsfeszültség azonos irányú.

$$I_g = (U_p - U_g) / jX_d = -j (U_p - U_g) / X_d$$

túlgerjesztett üzem,



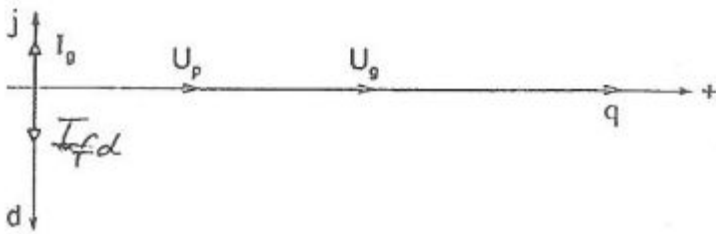
$Q_g > 0$ túlgerjesztett állapothoz most $U_p > U_g$ (illetve az ennek megfelelő I_f gerjesztés)



$Q_g=0$ üzem

$U_p=U_g$ esetben $Q_g=0$. (Az ábra generátor üzem $P_g > 0$)

alulgerjesztett üzem



$Q_g < 0$ alulgerjesztett állapothoz $U_p < U_g$ szükséges

b) P_g és Q_g kifejezése $U_p - U_g - \delta_g - X_d$ alapján

$$P_g = U_g I_{gP}, \quad Q_g = U_g I_{gQ}$$

$$U_p = U_g + jX_d I_g = U_g + jX_d I_{gP} = U_g + jX_d P_g / U_g$$

$$\sin \delta_g = X_d P_g / (U_p U_g)$$

$$P_g = (U_p U_g / X_d) \sin \delta_g$$

$$Q_g = (U_p U_g / X_d) \cos \delta_g$$

c) P_g max és Q_g min generátorkapcszon

$$P_{g \max} = U_p U_g / X_d$$

A generátorkapcszonon felvehető (nyelt) meddő teljesítmény legnagyobb értéke ($Q_{g \min}$) adott U_g -hez az $U_p = 0$ ($I_f = 0$) esetében érhető el

$$Q_{g \min} = -U_g^2 / X_d$$

d) Az U_p fazor (végpont) mozgásának mértani helye U_g állandó esetén

P_g =állandó Q_g változó

Az ábrák alapján látható, hogy állandó (rögzített) U_g kapocsfeszültséget feltételezve, a P_g teljesítmény állandósága mellett, a változó Q_g meddőteljesítmény termelés / nyelés beállításához szükséges U_p fazor végpontjai az U_g -vel párhuzamos egyenesen mozognak.

P_g változó Q_g =állandó esetben

Állandó Q_g mellett az U_p fazorok végpontjai az U_g -re merőleges egyenes mentén változhatnak, ha változik a P_g teljesítmény.

Az állandó U_g -vel párhuzamos szintvonalak tehát azonos P_g , az U_g -re merőlegesek azonos Q_g értékhez tartoznak.

13.2 Szinkrongenerátor tartós terhelhetősége, P-Q diagram szerkesztése. Rendszerező ismertetés, értelmezések, szerkesztés:

a) Turbina-generátor blokk tartós terhelhetősége

fizikai U-I-P korlátok

A turbina-generátor egység hosszabb időszakra vonatkozó telj. terhelhetőségének fizikai korlátait a turbina-üzem, a szinkron stabilitás és a villamos üzemi paraméterek: a generator állórészének és forgórészének áramterhelhetősége, a kapocsfeszültség tartósan megengedhető legnagyobb értéke szabja meg.

A meghajtó P_m mechanikai telj. alsó és felső korlátját a turbina hosszabb ideig fenntartható P_{tmax} teljesítőképessége és a még stabilizált (szabályozható) üzembentartáshoz szükséges P_{tmin} telj. adja meg. A $P_{tmax} \sim P_{névl.}$, P_{tmin} kb. a névleges érték 25%-a.

$$P_{tmin} < P_g < P_{tmax}$$

$$I_g < I_{gmax} \text{ (melegedés)}$$

$$I_f \leq I_{fmax} \text{ ill. } U_p \leq U_{pmax}$$

a korlátok leképezése, megfeleltetése az U_p - X_d modellben.

(talán az előző pontban leírtak egy része is ide válasz)

A tartós-terhelhetőségi korlátokat célszerűen a P_g és Q_g kapocsteljesítményre vonatkozó P-Q diagramon ábrázoljuk (ábra), amely az U_p - X_d modell felhasználásával megszerkeszthető.

A határgörbék megkeresésének (szerkesztésének) lehetséges módja az, hogy előzetesen felvett U_{go} értékhez az $U_p = U_{go} + jX_d I_g$ egyenlet alapján megkeressük az U_p fazon lehetséges végpontjait, amelyek még éppen kielégítik a korlátozó feltételeket; a diagram tényleges határgörbéje tehát egy adott U_{go} kapocsfeszültséghez és az aktuális üzemi korlátokhoz rendelődik. Egy adott terhelhetőségi diagram egy adott U_g -hez tartozik, a kapocsfesz. változásakor a P-Q diagramot újra kell számolni! A terhelhetőségi tartomány U_g növelésével tágul, csökkentésével szűkül.

b) P-Q diagram szerkesztése minőségileg helyesen, mennyiségileg arányosan az alábbi adatokkal:

$$U_g = 1 \text{ ve.}, U_{pmax} = 2.7 \text{ ve.}, X_d = 2.2 \text{ ve.}, I_g = 1 \text{ v.e.}$$

A szerkesztés menete:

1/ Az $U_p = 0$ –hoz tartozó Q_{gmin} alulgerjesztett állapot meddőnyelési korlátját az ábrához képzelt $U_{go} = 1$ ve kezdőpontja jelöli ki, ez teljesítményléptékben most: $Q_{gmin} = -U_{go}^2 / X_d = -5/11$ ve. (az U_{go} végpontja az origó)

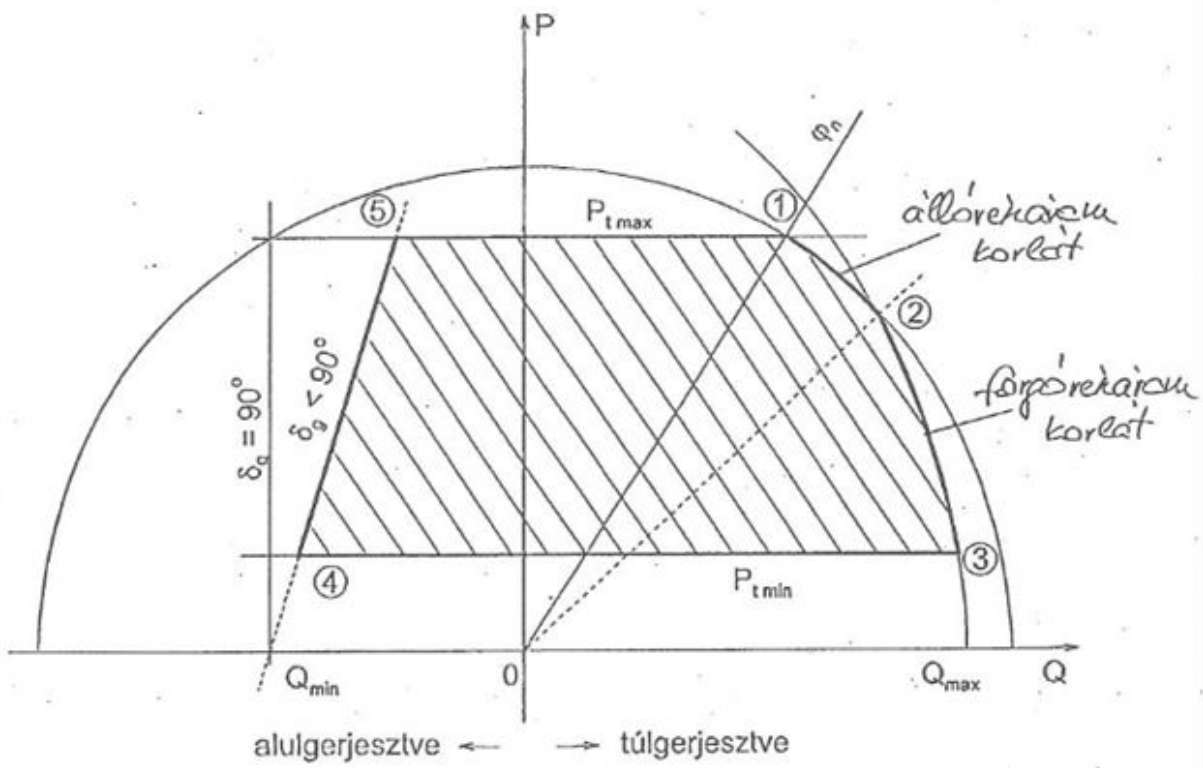
U_{go} kezdőpontja $-5/11$ lesz.

2/ Az állórész áram miatti korlát: az U_{go} végpontjából (origó) $X_d \cdot I_{gmax} = 2,2$ sugarú kör. Ez teljesítményben $U_{golmax} = 1$ v.e. nek felel meg.

3/ Forgórészáram-korlát: origója a $P=0$ -hoz tartozó $Q_{gmin} = -5/11$, sugara $U_{pmax} = 2,7$.

4/ δ_{gmax} korlát: A Q_{gmin} értékhez tartozik a statikus stabilitás elméleti határa: $\delta_g = 90^\circ$. (továbbá $Q_g < 0$ korlát)

5/ P_{tmin} és P_{tmax} határolások P_g -hez

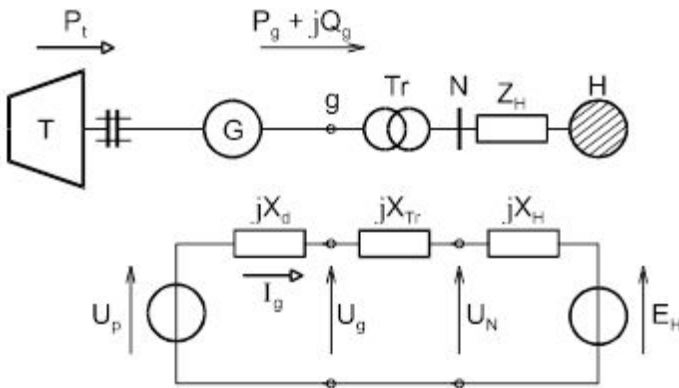


14 Generátor hálózati üzeme

14.1 Generátor hálózati szinkron üzeme

Ábra, magyarázat, értelmezés :

a) Generátor – blokktranszformátor- hálózat kapcsolat áramköri modellje [ábra]



b) A hálózati kapcsolat EH - XH hálózati modelljének értelmezése.

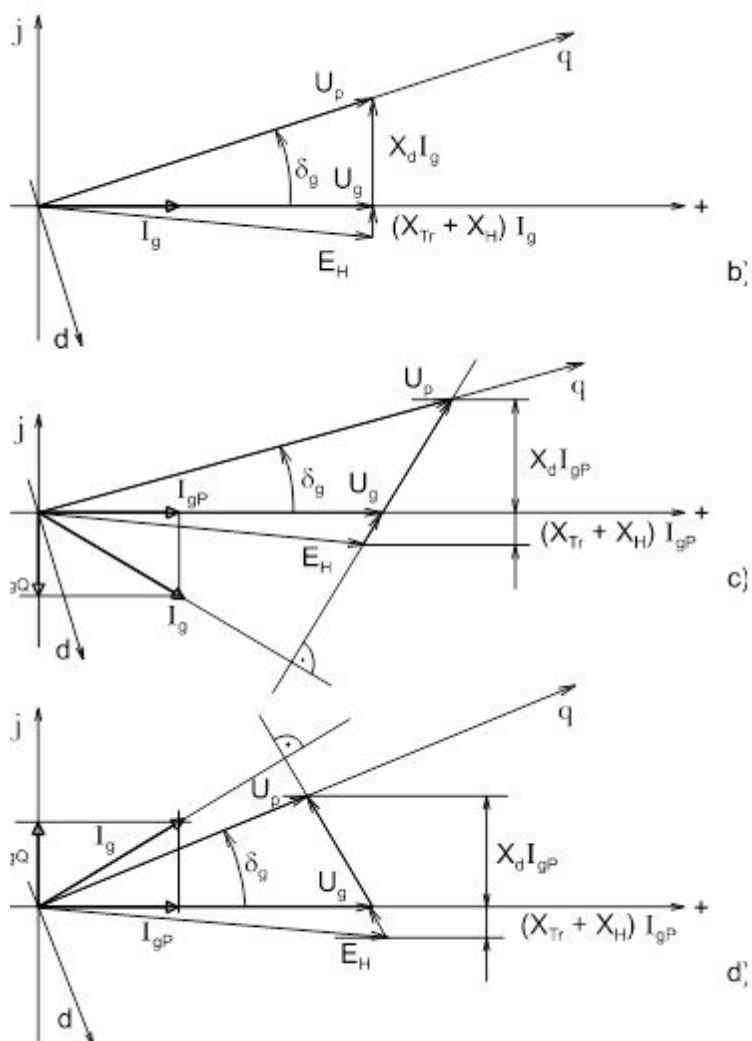
A hálózatot és a rendszer többi gépét villamos szempontból egy EH forrásfeszültséggel és az N sín külső, hálózat felőli 3F zárlati árama szerint XH reaktanciával jellemezzük. A rendszer összfogyasztását az EH forrás kapcsára helyezve képezhetjük és a fogyasztás döntő részét az EH feszültségű forrás fedezi.

A generátor által a hálózatba táplált P_g hatásos teljesítmény a P_t turbina teljesítménnyel egyezik meg, tehát értéke a beállított alapjeltől függ. A modellben P_g az $X_{tr}+X_H$ reaktanciájú átviteli úton jut el az összfogyasztáshoz. Az U_N hálózati eredetű változásait a modellben az EH változtatásával képezhetjük le.

c) U_p-U_g - EH - I_g fazorábrák a P_g =állandó, U_g = állandó továbbá $Q_g>0$ $Q_g=0$ $Q_g<0$

esetekre és a változások értékelése U_p és g szempontból a fazorábrák alapján

A zérus kapocs-meddő teljesítménnyel üzemelő szinkrongenerátor fazorábrája a 10-3b. ábrán látható. Állandó értékű wattos teljesítmény betáplálást és a kapocsfeszültség nagyságát állandó értéken tartó szabályozást feltételezve, az E_H csökkenése (amelyet a rendszerterhelés növekedése okozhat), a generátor túlgerjesztését igényli (10-3c. ábra), amit az automatikus gerjesztés szabályozó valósít meg. Csökkenő rendszerterhelés mellett (az E_H , illetve az U_N növekszik) a gerjesztés szabályozó - állandó értékű kapocsfeszültség-alapjel esetén - a generátort alulgerjeszti (10-3d. ábra). Az alulgerjesztés a terhelési szög növekedését, ezáltal a gép statikus stabilitási tartalékának csökkenését, szélső esetben a statikus stabilitás megszűnését okozhatja. A stabilitás megbomlásának elkerülésére a gerjesztés szabályozókat az alulgerjesztés mértékét korlátozó berendezéssel kell ellátni.



10.ábra

A generátor közvetlen U_g - Q_g szabályozáshoz a következő alapeseteket értelmezhetjük:

- az I_f és a U_f (forgórész áram, feszültség) állandó
- kapcsolófeszültség szabályozása U_{g0} alapjelre ($U_g = U_{g0}$)
- a kapocs-meddő teljesítmény szabályozása Q_{g0} alapjelre ($Q_g = Q_{g0}$)
- a kapcsolófeszültség terhelőáram-függő szabályozása szerint

14.2 Erőművi gyűjtősín U-Q szabályozása.

Ábra, értelmező magyarázat, kifejtés:

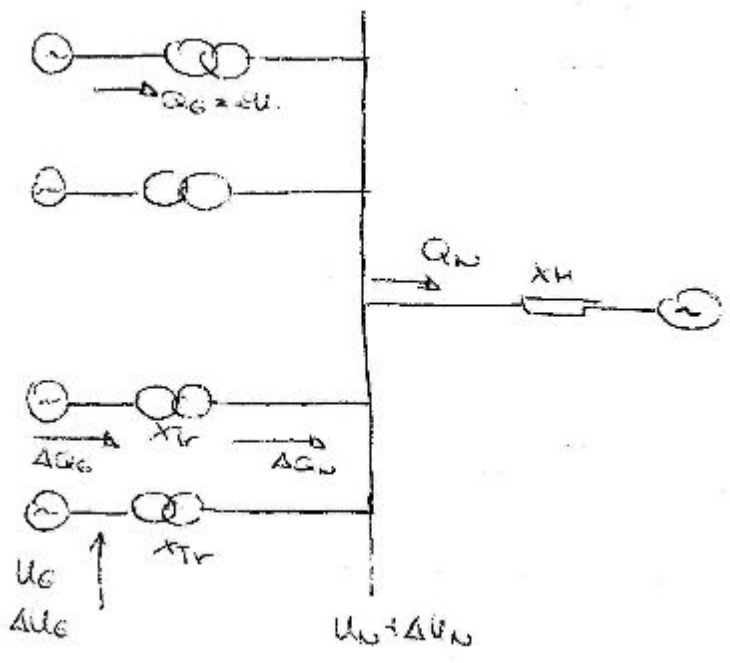
a) egy generátor gerjesztésszabályozásának alapesetei az állandó, illetve az állandóra szabályozott mennyiség szerint

A generátor közvetlen U_g - Q_g szabályozáshoz a következő alapeseteket értelmezhetjük:

- az I_f és a U_f (forgórész áram, feszültség) állandó
- kapcsolófeszültség szabályozása U_{g0} alapjelre ($U_g = U_{g0}$)
- a kapocs-meddő teljesítmény szabályozása Q_{g0} alapjelre ($Q_g = Q_{g0}$)

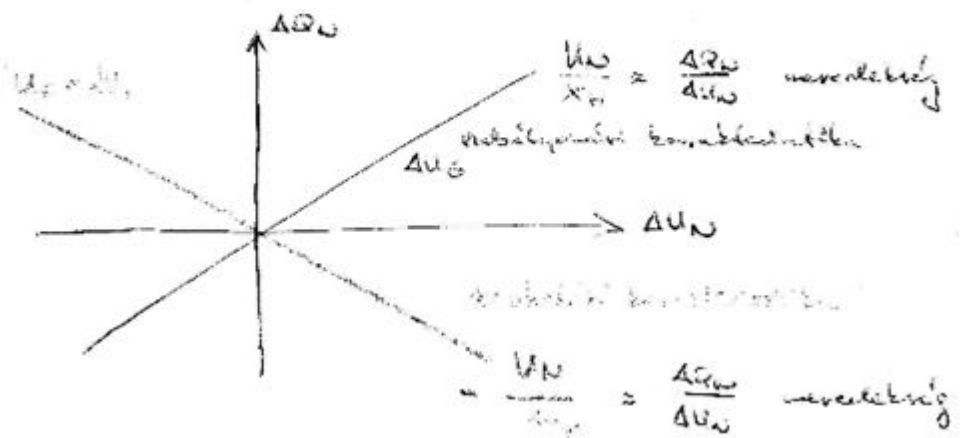
a kapocsfeszültség terhelőáram-függő szabályozása szerint szerint

b) Áramköri modell a több blokkot tartalmazó erőmű NF sín Q-U szabályozásához



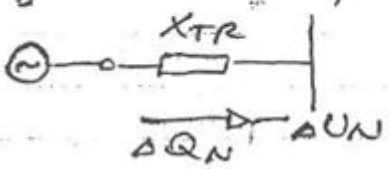
c) A Q_N - U_N szabályozási karakterisztika és meredeksége terhelési karakterisztika és meredeksége

A Q_N - U_N szabályozási és terhelési karakterisztikái:



Terhelési karakterisztika

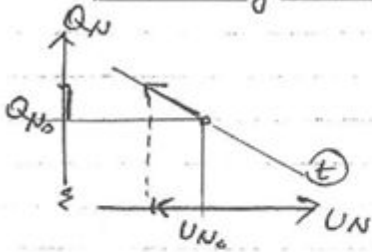
U_{gi}: változatlan ; ΔE_H → ΔU_N → ΔQ_N → ΔQ_G = εΔQ_{gi}



$$\frac{\Delta Q_N}{\Delta U_N} \approx - \frac{U_N}{X_{TR}}$$

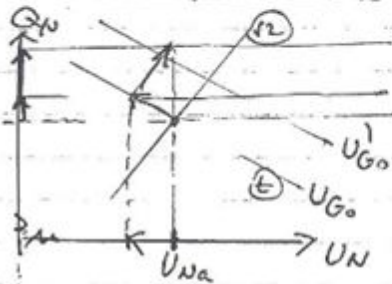
d) A $Q_N - U_N$ változások bemutatása ábrákon, ha U_N változik: nincs U_g szabályozás U_g szabályozása U_{No} alapjeltartásra U_g szabályozása Q_{No} alapjeltartásra

• Ha nincs U_{gi} szabályozás ($U_{gi} = \text{állandó}$)



$U_N \downarrow \Rightarrow Q_N \uparrow \approx Q_{gi} \uparrow$
 $U_N \uparrow \Rightarrow Q_N \downarrow \approx Q_{gi} \downarrow$

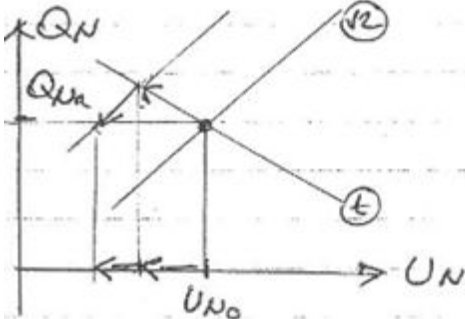
• Szabályozás U_{Na} alapjeltartásra; $U_N = U_{Na} = \text{állandóra}$ szabályozás



$U_N \downarrow \rightarrow Q_N \uparrow$
 $U_{gi} \uparrow \rightarrow Q_N \uparrow \Rightarrow U_N \uparrow$
 $U_{G0}' > U_{G0}$

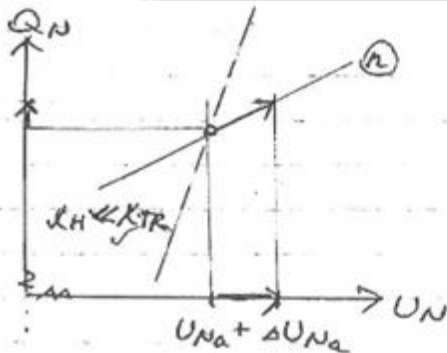
Ha $X_H \ll X_{TR}$ akkor U_N elég szabályozható

• Szabályozás Q_{Na} alapjeltartásra; $Q_N = Q_{Na} = \text{állandóra}$ szabályozás



$U_N \downarrow \rightarrow Q_N \uparrow$
 $U_{gi} \downarrow \rightarrow Q_N \downarrow \Rightarrow U_N \downarrow$

• U_{Na} alapjel változtatása ΔU_{Na} -val



$\Delta U_{Na} \uparrow \rightarrow Q_N \uparrow$

szabályozási tartomány:

$\min < U_{Na} < \max$

$\min < \sigma_{gi}$

$\min < \Sigma Q_{gi} < \max$