

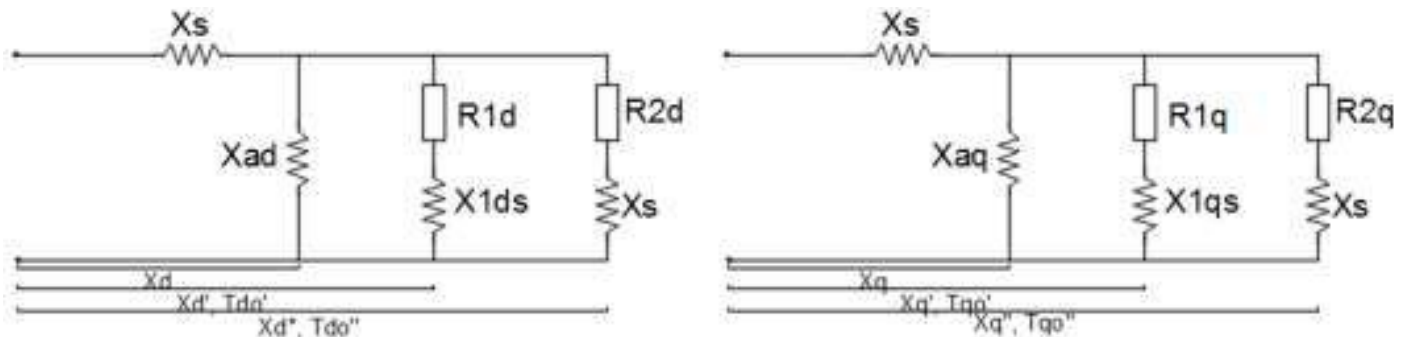
VER üzeme és irányítása elővizsga

- [15.1 Szinkrongenerátor \(d-q\) villamos modell tranziens állapotokhoz, reaktanciák és dőállandók.](#)
- [16.1 Generátor villamos tranziensei üresjárási állapotból](#)
- [17.1 Szinkrongenerátor egyszerűsített E'-X' tranziens modellje](#)
- [17.2 Szinkrongenerátor forgórész lengési egyenlete.](#)
- [18.1 Szinkrongenerátor lengési stabilitása, stabilitásvizsgálat](#)
- [18.2 Stabilitásvizsgálat az egyenlő területek módszerével](#)
- [19.1 Többgépés rendszer lengései, lengésközpont](#)
- [20.1 A generátor gerjesztő rendszerének feladata, követelmények, felépítés](#)
- [20.2 Generátor lengéscsillapítók \(PSS\)](#)
- [20.3 Stabilitásmentő beavatkozások Erőműből szállítható teljesítmény lengéses állapotban.](#)
- [21.1 Aszinkron járó rendszerek összekapcsolását kísérő folyamatok enegetikája](#)
- [21.2 Aszinkron járó rendszerek összekapcsolása eredményességének feltételei](#)
- [22.1 Villamosenergia-rendszer irányításának hierarchiája](#)
- [22.2 Villamosenergia-rendszer irányításának számítógépes támogatása. SCADA rendszer](#)
- [22.3 Villamosenergia-rendszer irányításának számítógépes támogatása. EMS rendszer](#)
- [23.1 Az átviteli hálózati üzem felügyelete, irányítása. a Rendszerirányító üzemelőkészítő feladatai](#)
- [23.2 Az átviteli hálózati üzem felügyelete, irányítása. a Rendszerirányító operatív üzemirányítási feladatai](#)
- [23.3 Az átviteli hálózati operatív üzemirányítás végrehajtása](#)
- [24.1 Csatlakozás villamos kialakítása, előírások és követelmények](#)
- [25.1 Elosztott energiatermelés fő jellemzői](#)
- [25.2 Az elosztó hálózati üzem felügyelete, irányítása, a KDSZ üzemelőkészítési feladatai](#)
- [25.3 Az elosztó hálózati üzem felügyelete, irányítása, a KDSZ operatív üzemirányítási feladatai](#)
- [26.1 Villamos energia tárolása, technológiák](#)
- [27.1 Naperőművek működése, alaptípusok](#)
- [28.1 Szélérőmű parkok kialakítása üzeme](#)
- [29 Inverteres AC csatlakozású termelőegységek szabályozása, mikrogridok](#)

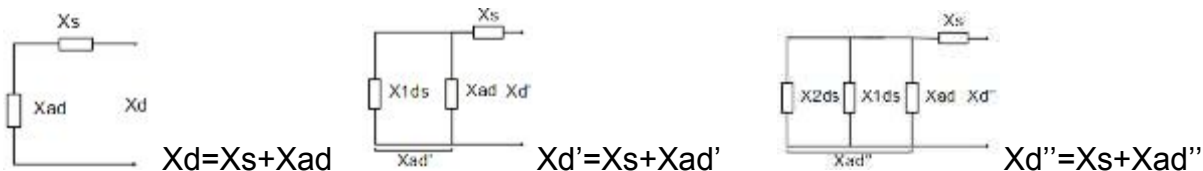
15 Generátormodell tranziens állapotokhoz

15.1 Szinkrongenerátor (d-q) villamos modell tranziens állapotokhoz, reaktanciák és időállandók.

a) d és q irányú áramköri modell reaktanciákkal, ellenállásokkal, X_d , X_d' és X_d'' megmutatása



Állandósult üzem esetén:	Átmeneti állapotok esetén
X_s : állórész szórási	X_d' , X_q' : tranziens reaktancia
X_{ad} , X_{aq} : főmező reaktancia (mágneses mező)	X_d'' , X_q'' : szubtranziens reaktancia
$X_d = X_s + X_{ad}$ szinkron reaktancia	T_{do}' , T_{qo}' : tranziens üresjárás időállandó
$X_q = X_s + X_{aq}$ szinkron reaktancia	T_{do}'' , T_{qo}'' : szubtranziens üresjárás időállandók



b) időállandók: T_{do}' üresjárás időállandó, T_d' rövidzárási időállandó

T_{do}' : nem állandó, telítettségi állapottól függ

$T_{do}'' < T_{do}'$

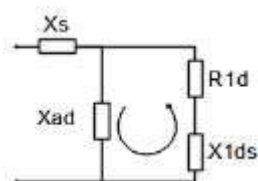
$T_{qo}' < T_{do}'$

$T_{qo}'' \approx T_{do}''$

tranziens hatásokban: d irány $\neq$ q irány

szubtranziens hatásokban: d irány $\approx$ q irány

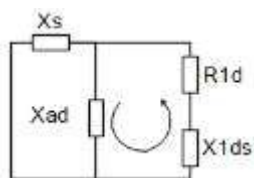
üresjárás T_{do}' :



$$T = \frac{L}{R}$$

$$T_{do}' = \frac{(X_{1ds} + X_{ad})/w}{R_{1d}}$$

rövidzárási T_d' :



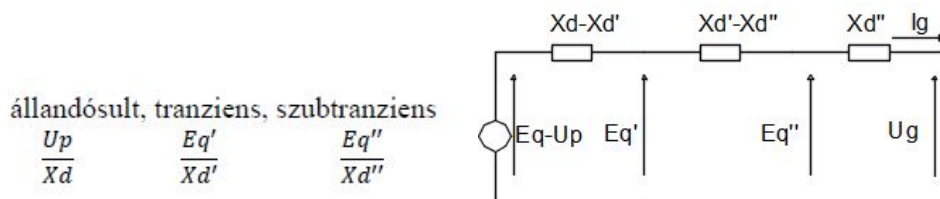
$$T_d' = \frac{(X_s || X_{ad} + X_{1ds}) / \omega}{R_{1d}}$$

$$T_d' = T_{d0}' \frac{X_{d'}}{X_d}$$

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

$$X_d' = X_s + X_{ad} || X_{1ds}$$

c) Egyszerűsített modell : E_q , E_q' , E_q'' és X_d , X_d' és X_d'' jellemzőkkel.



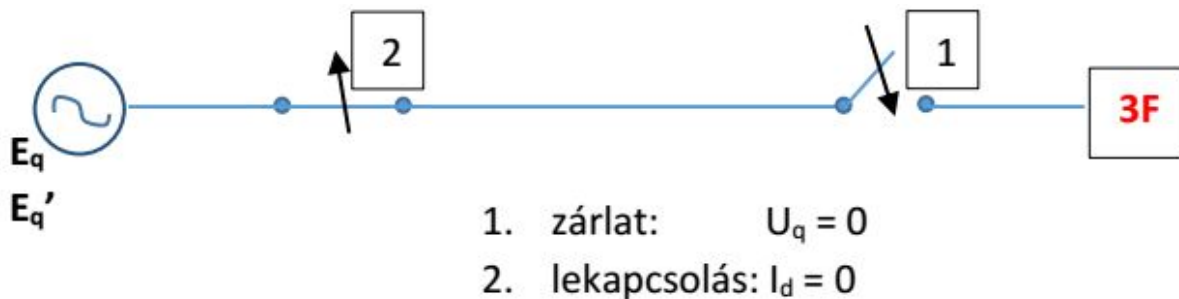
16 Villamos tranziensek

16.1 Generátor villamos tranziensei üresjárási állapotból

a) 3F zárlat (üresjárásból) pillanatától

?

b) a zárlat lekapcsolása pillanatától



Az álló részen:

$$U_1 = U_q$$

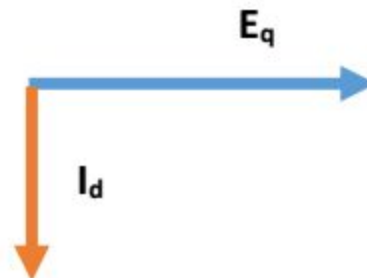
$$I_1 = I_d$$

Az állórész feszültsége és árama:

$$U_q = E_q' - X_d' I_d, \quad I_d = \frac{E_q' - U_q}{X_d'}$$

X_d' mögötti indukált feszültség

$$E_q' = \omega \frac{X_{ad}}{X_{1d}} \Psi_{1d}$$



$$E_q' = \frac{1}{T_{d0}'} [E_q - E_q' - (X_d - X_d') I_d], \quad \text{ahol } E_q = \frac{X_{ad} U_{1d}}{R_{1d}}$$

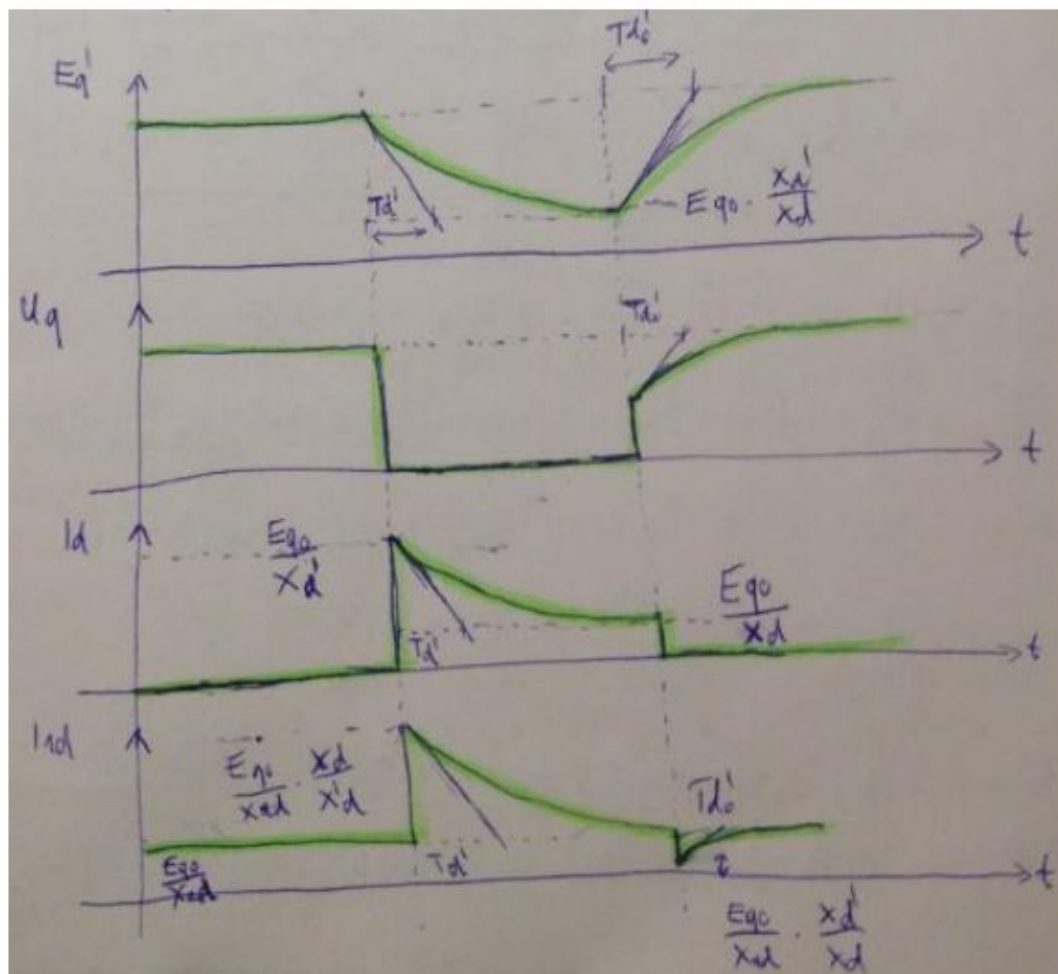
$$I_{1d} = \frac{1}{X_{ad}} [E'_q + (X_d - X'_d)I_d] \quad T'_d = \frac{X'_d}{X_d} T'_{d0}$$

tranziens belső feszültség

állórész feszültség

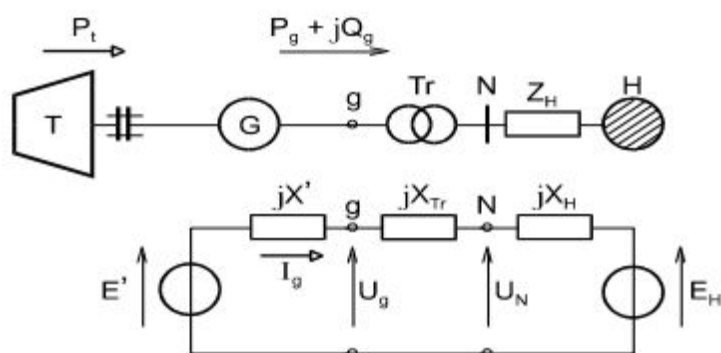
állórész áram

forgórész áram



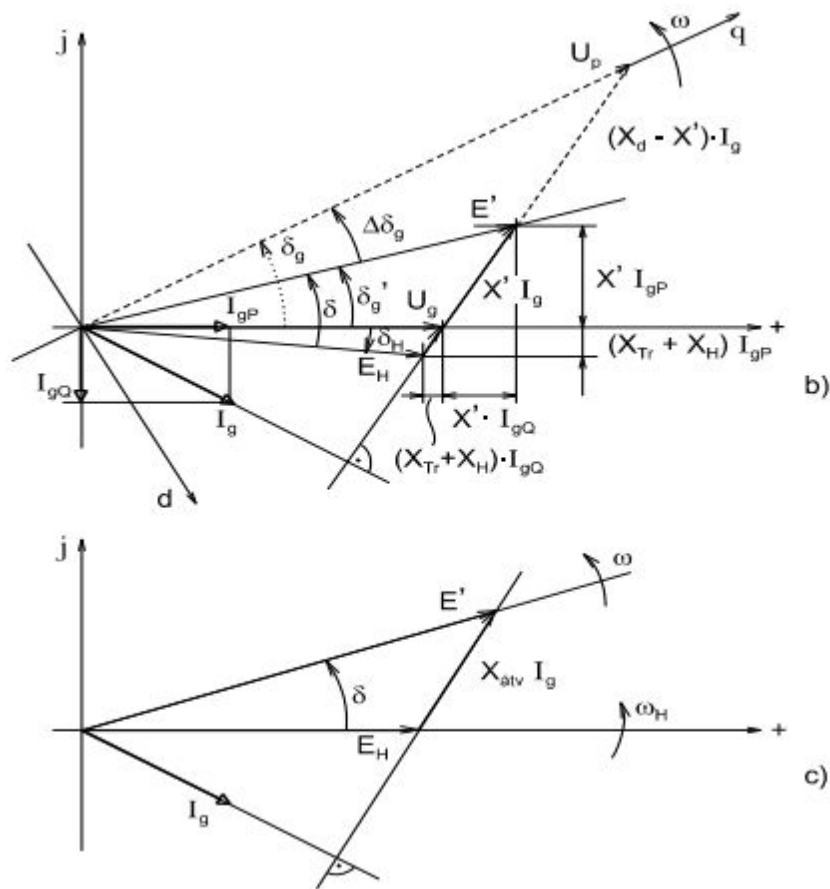
17 Elektromechanikai lengés

17.1 Szinkrongenerátor egyszerűsített E'-X' tranziens modellje



A közelítő generátor modell

belső impedanciája: $Z = jX$, (a forgórész mágneses aszimmetriája elhanyagolva: $X_d = X_q = X$)
forrásfeszültsége a tranziens reaktancia mögötti E (nagysága a tranziens időszakban állandó)



- b) fazorábra, a kapocsfeszültség valós
c) fazorábra, a hálózati feszültség valós

17.2 Szinkrongenerátor forgórész lengési egyenlete.

$$P_m = P_{g \max} \cdot \sin \delta + D \cdot \Delta \omega + T \cdot \varepsilon$$

ahol P_m a turbina tengelyen átadott mechanikai teljesítménye,

$P_{g \max}$ a mindenkori (hibaállapottól függő) átvihető maximális wattos teljesítmény,

δ terhelési szög (az E_H és E' fáziskülönbsége),

D csillapítási tényező (a forgórész áramok szöglengést csillapító hatása),

$\Delta \omega = \frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_H$ a forgórész és a hálózat közötti szögsebesség-eltérés,

$T = \omega \cdot \theta$ a turbina-generátor forgórész összperdüllete, θ a tehetetlenségi nyomaték,

$\varepsilon = \frac{d\Delta \omega}{dt} = \frac{d^2 \delta}{dt^2}$ a forgórész szöggyorsulása.

$$\varepsilon = \frac{1}{M} [P_t - P_{g \max} \cdot \sin \delta]$$

$$\Delta \omega = \int \varepsilon dt$$

$$\delta = \delta_o + \int \Delta \omega dt$$
(11-10)

A szöggyorsulás és a szögsebesség-eltérés kiinduló állapotú értéke nulla, $P_{g \max}$ helyére az éppen aktuális hibaállapotnak megfelelő értéket kell helyettesíteni.

Szokásos hálózati feltételek és gépnagyság esetén elektromechanikai lengések periódusideje 0,9 ... 2 s között, jellemzően 1s.

Tágabb értelemben elektromechanikai lengés = gépegység tengelyének torziós lengései + rendszereket összekötő vezetékeken rendszerközi lengések.

Generátor forgórészének tömege + egyes turbinaházak forgó tömegei közös tengelyen, tengelykapcsolóval összekötve -> turbina-generátor egység forgórésze nem homogén. Állandó terhelés -> közös forgórész egy előfeszített torziós rugónak tekinthető, amely terhelésváltozáskor rezgésbe jön. A torziós lengések 10...20 Hz között.

A rendszerközi lengések forrása a teljesítmény-eloszlás megváltozása, periódusidejük széles tartományban (3...15s)-> igen „lassúak”. A rendszerközi lengések részletes analízise bonyolult feladat.

Az elektromechanikai lengések jellemző frekvenciatartománya és periódusideje:

	Lengési frekvencia jellemző tartománya (Hz)	A lengés jellemző periódusideje (s)
Turbina-generátor tengely torziós lengései	10-20	0,07
Turbina-generátor egység saját lengése	0,5-1,1	1
Rendszerközi lengés	0,07-0,3	5

18 Szinkrongenerátor üzemének stabilitása

18.1 Szinkrongenerátor lengési stabilitása, stabilitásvizsgálat

A villamosenergia-rendszer normál üzemének alapfeltétele a generátorok szinkronjárása, vagyis a szinkron stabilitás. Az üzem stabil, ha az egymással összekötött csomópontokon, ill. rendszerrészekben azonos a hálózati frekvencia + az energiarendszer erőműveiben a szinkrongenerátorok forgórészei a rendszerfrekvenciának megfelelő szögsebességgel forognak.

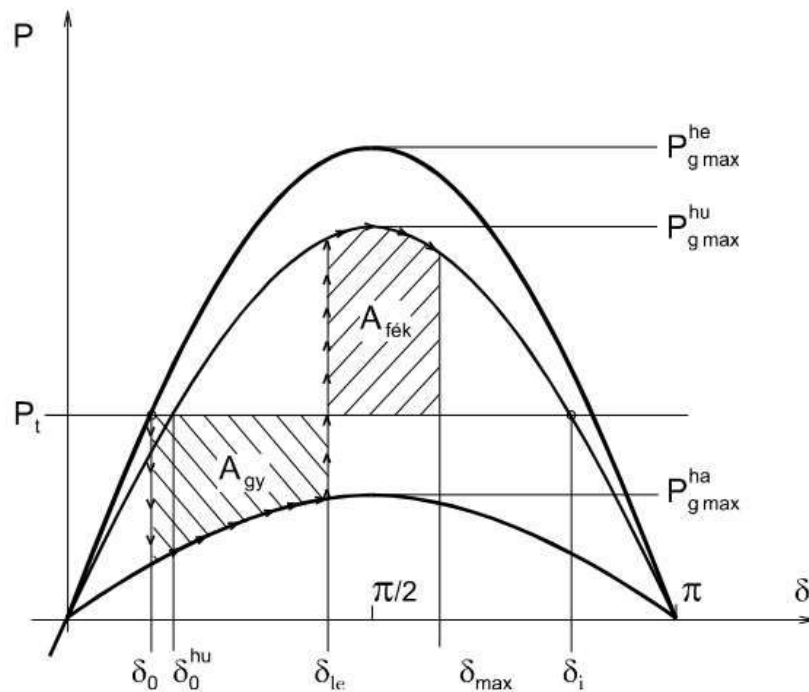
Változások a rendszerben:

- lassú, tendenciaszerű rendszerterhelés változás
- egyes munkapontok körüli lengések
- gyors, nagymértékű teljesítményigény átrendeződés

Instabilitás: ha egyes csomópontokon a feszültségtartó képesség elégtelenné válik, vagy a csomópontok közötti átvivőképesség határát elérő átviteli kényszer alakul ki. A szabályozók dinamikai tulajdonságai, a helytelen beállítás miatt gerjedő lengéseket okoznak -> a gépegység forgórészében kinetikus energiatöbblet halmozódik fel, zavarás okozta fordulatszám növekedés miatt, amely a kialakuló elektromechanikai lengés folyamán nem tud kiegyensúlyozódni.

Változások jellege, típusa	Változásokkal szembeni ellenálló képesség mértékének jellemzője	Vizsgálati eszköz	Vizsgálati módszer
A) Kismértékű, lassú, tendencia szerű	Statikus átvivő képesség határától való távolság	Statikus rendszermodellen végzett load-flow számítás	Üzemállapotnehezítés, kontingencia analízis;
B) Kismértékű, elektromechanikai léengéseket okozó	Elektromechanikai lengések csillapodásának mértéke	Munkapont körül linearizált dinamikus modellen alkalmazott, lineáris rendszerek stabilitásának elemzésére alkalmas eljárások	Adott bemeneti ponton alkalmazott gerjesztő jel hatására kialakuló lengések elemzése
C) Tetszőleges mértékű, ugrásszerű, több eseményt tartalmazó	Dinamikus átvivő képesség határától való távolság, dinamikus stabilitási tartalékok, elektromechanikai lengések csillapodásának mértéke, új stabil munka-pont kialakulásának képessége	a) Nemlineáris, dinamikus rendszermodellen végzett időbeli szimuláció. b) Közvetlen (időbeli szimulációt nem végző) stabilitásbecslő eljárások	Nagymértékű üzemállapotváltozások (zárlatok, kiesések, védelmi működések, kapcsolások) hatásának elemzése

18.2 Stabilitásvizsgálat az egyenlő területek módszerével



A tranziens stabilitás megmaradása, ill. megszűnése a lengési egyenlet időbeli megoldása nélkül is megbecsülhető az Agy gyorsító és Afék fékező területek összehasonlításával. P diagram -> egyenlő területek módszere szemléltetéséhez. Hiba fennállásakor: turbina-generátor forgórész gyorsul, kinetikus energia többletrel tesz szert, aminek a hiba háritása után ki kell egyensúlyozódnia ahhoz, hogy a tranziens stabilitás fennmaradjon. A kinetikus energia-többlet arányos az Agy gyorsító területtel, ezzel kell egyensúlyt tartania a hiba utáni állapot által meghatározott Afék lassító területnek. A lassító terület lehetséges nagysága korlátozódik, maximum az instabil egyensúlyi pontig terjedhet. Agy és Afék egyenlőségéből meghatározható az $\alpha(krit)$ kritikus lekapcsolási szög.

$$A_{gy} = P_m \cdot (\delta_{le}^{krit} - \delta_o) - \int_{\delta_o}^{\delta_{le}^{krit}} P_{g \max}^{ha} \cdot \sin \delta d\delta =$$

$$= P_m \cdot (\delta_{le}^{krit} - \delta_o) - P_{g \max}^{ha} \cdot (\cos \delta_o - \cos \delta_{le}^{krit})$$

$$A_{fék} = \int_{\delta_{le}^{krit}}^{\delta_i} P_{g \max}^{hu} \cdot \sin \delta d\delta - P_m \cdot (\delta_i - \delta_{le}^{krit}) =$$

$$= P_{g \max}^{hu} \cdot (\cos \delta_{le}^{krit} - \cos \delta_i) - P_m \cdot (\delta_i - \delta_{le}^{krit})$$

Az $A_{gy} = A_{fék}$ felhasználásával:

$$\cos \delta_{le}^{krit} \cdot (P_{g \max}^{hu} - P_{g \max}^{ha}) =$$

$$= P_m \cdot (\delta_i - \delta_o) - P_{g \max}^{ha} \cdot \cos \delta_o + P_{g \max}^{hu} \cdot \cos \delta_i$$

A szinkrongenerátor tranziens stabilitásának mértéke függ:

- milyen hálózati hiba okozza a tranziens folyamatot
- hogyan zajlik a hiba háritása
- mekkora a hiba utáni állapotban a visszatérő átvivőképesség.

19 Többgépés rendszer elektromechanikai lengései.

19.1 Többgépés rendszer lengései, lengésközpont

a) A rendszer lengési tömegközéppontja (szöghelyzet, frekvencia)

A termelt és fogyasztott teljesítmények egyensúlya:

$$P_G = P_F + P_V, \text{ ahol:}$$

$$P_G = \sum_i P_{gi} \quad \text{generátorkapcsokon kiadott összes villamos teljesítmény,}$$

$$P_F = \sum_j P_{fj} \quad \text{fogyasztott teljesítmények összege,}$$

$$P_V = \sum_k P_{vk} \quad \text{hálózati elemeken fellépő wattos teljesítményveszteségek}$$

Állandósult üzemállapotban valamely gépegységre:

$$P_{mi} = P_{gi}, \text{ Átmeneti állapotban: } P_{mi} = P_{gi} + D_i \dot{\Delta\omega_i} + (dW_{KEi}/dt), \text{ ahol:}$$

$$W_{KEi} = 1/2 \cdot \Theta_i \cdot \omega_i^2$$

$$\Delta\omega_i = \omega_i - \omega_0$$

$$D_i \cdot \Delta\omega_i$$

a gépegység forgó tömegében tárolt kinetikus energia

a szögsebesség eltérés

a generátor forgórészében a szögsebesség-eltérés miatt keletkező csillapító teljesítmény

$$dW_{KEi}/dt = \Theta_i \omega_i \cdot (d\omega_i/dt) = T_i \cdot \varepsilon_i$$

a kinetikus eergia időbeli deriváltja a gépegység perdületével kifejezve

A gyorsító teljesítmény a csillapítás elhanyagolásával: $P_{ai} = P_{mi} - P_{gi} = T_i \cdot \varepsilon_i$

A gyorsító teljesítmények a rendszerben üzemelő gépegységekre összegezhetők:

$$P_{aR} = \sum P_{ai} = \sum T_i \cdot \varepsilon_i,$$

$$T_R = \sum_i T_i \quad \text{össz-perdületre ható szöggyorsulás:}$$

$$\varepsilon_R = P_{aR} / T_R = (\sum_i \varepsilon_i \cdot T_i) / T_R$$

Az rendszer-körfrekvencia:

$$\varepsilon_R = d\omega_R/dt$$

$$\omega_R = (\sum_i \omega_i \cdot T_i) / T_R$$

Az egyes forgó tömegek szögsebességének perdületekkel súlyozott átlaga: COI (Center of

Inertia) körfrekvenciája: $f_R = \omega_R / 2\pi$

Tömegközép szögpozíciója: $\delta_R = (\sum \delta_i \cdot T_i) / T_R$

δ_R követi ω_R változását, így választható a COI koordináta-rendszerben referenciáiránynak.

b) Egy generátor mozgásegyenlete a COI-hoz viszonyított koordináta-rendszerben, a jelölések magyarázata.

$\Delta\omega_i = \omega_i - \omega_R$ i-edik gép szögsebesség változása a követő koordináta-rendszerben

$$P_{mi} = P_{gi} + D_i \cdot \Delta\omega_i + P_{ai}, \text{ ahol: } P_{ai} = T_i \cdot \varepsilon_i = T_i \cdot (\varepsilon_i - \varepsilon_R)$$

Átmeneti állapotban a forgó tömegre ható gyorsító teljesítmény módosul a COI (tömegközéppont) –ra ható gyorsító teljesítmény T_i/T_R -szeresével, ami az i -edik gép "hozzájárulása" a COI –ra ható P_{aR} gyorsító teljesítményhez.

$$P_{mi} = P_{gi} + D_i * \Delta\omega_i + P_{ai} - T_i/T_R * P_{aR}$$

c) Az elektromechanikai lengéseket befolyásoló fő hatások (hibafajták, hálózati topológia, védelmi működések, szabályozó berendezések szerepének jellemzése)

- **Különböző fajta zárlatok:**
hibahelyen feszültség letörést ill. áramugrást okoznak és megváltoztatják a hálózat átvivőképességét
- **Villamos hálózat:**
fesz. és áram ugrást ill. az ebből adódó teljesítmény átrendeződést a hibahelytől mérhető impedanciával fordított arányban közvetíti. Az azonos villamos távolságra lévő gépek egymáshoz képest nem fognak lengeni.
- **Zárlatvédelmi működések:**
Minden kapcsolás teljesítmény átrendeződéssel jár
- **Generátorok gerjesztés szabályzói:**
A kapocs feszültség lecsökkenése esetén gyors rágerjesztést végeznek. A gerjesztés szabályzó paraméterei fontos szerepet játszanak az elektromechanikai lengések csillapításában.
- **A turbinák primer szabályzói:**
a kialakuló szögsebesség eltérést érzékelik, megváltoztatják a betáplált mechanikai teljesítményt

20A Generátor-gerjesztésszabályozás. 20B Lengéscsillapítás. Stabilitásmentés

20.1 A generátor gerjesztő rendszerének feladata, követelmények, felépítés

a. Egyedül járó gép feladata

A hálózat feszültségének állandó értéken tartása a fogyasztói igények változása mellett, a generátor kapocsfeszültségének változtatásával, a gép üzemi határértékeinek betartásával.

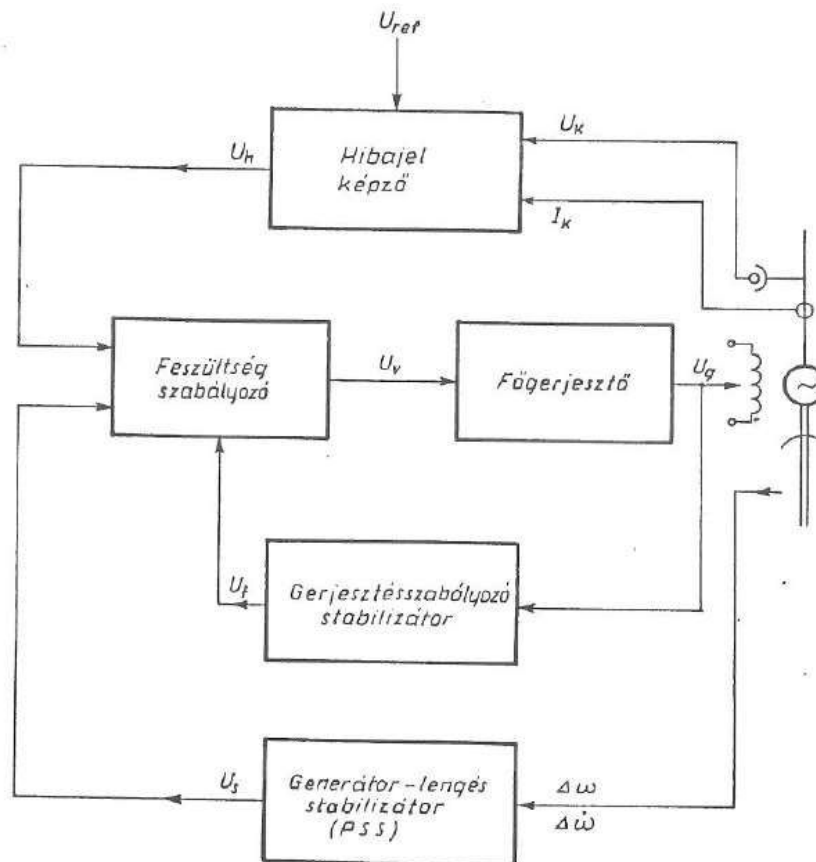
b. Kooperációs hálózattal szinkron járó gép feladata

- a szinkron üzem stabilitásának biztosítása: változó terhelés mellett a kapocsfeszültség közel állandó értéken tartása,
- a gép üzemi határértékeinek betartása,
- képesség kapocs-meddőteljesítmény tartására,
- hálózati zavarokkal szembeni tűrőképesség biztosítása,
- lengéscsillapító képesség

c) A gerjesztő rendszerrel szemben támasztott fő követelmények.

- Üzembiztonság
- Gyors és pontos működés: kis holtidő, nagy hurokerősítés, minimális túllendülés, képesség gyors rágerjesztésre és gyors legerjesztésre
- Rugalmas kezelhetőség: ugrásmentes áttérési lehetőség automatikus és kézi üzemmód között, távparancs fogadásának lehetősége

d) A gerjesztő rendszer struktúrális felépítése



A hibajelképző a szabályzandó U_k kapocsfeszültséget hasonlítja össze az U_{ref} alapjellel, és a különbséggel arányos hibajelet ad ki. Méri közben az állórészáramot is, hogy ne adjon olyan parancsot, ami határérték-túllépést okoz. A feszültségszabályzó a hibajelből olyan bemenő jelet ad a főgerjesztőnek, hogy a hibajel csökkenjen. Ez a bemenő jel forgógép esetén feszültség, tirisztoros híd esetén gyújtásszög. A főgerjesztő a bemenő jelnek megfelelően változtatja a feszültségét. A szabályzó hurokerősítése nagy, U_h 5-10 %-ra is már 2-3-szoros U_g -vel válaszolna, ezért a gerjesztésszabályozó stabilizátor differenciális és tárolós tagjaival „szelídíti”. A generátor-lengés stabilizátor a forgórész elektromechanikai lengése ellen hat átmeneti állapotban.

e) Gerjesztő rendszer alaptípusok

- Forgógépes főgerjesztő, forgógépes segédgerjesztő
- Forgógépes főgerjesztő, a főgerjesztő gerjesztését a gerjesztésszabályozó kimenete adja
- Forgódiodás főgerjesztő, a gerjesztést biztosító teljesítmény a generátor forgórészében képződik
- Statikus főgerjesztő, a gerjesztést biztosító teljesítmény a generátor állórészből, vagy attól független táppontból származik

20.2 Generátor lengéscsillapítók (PSS)

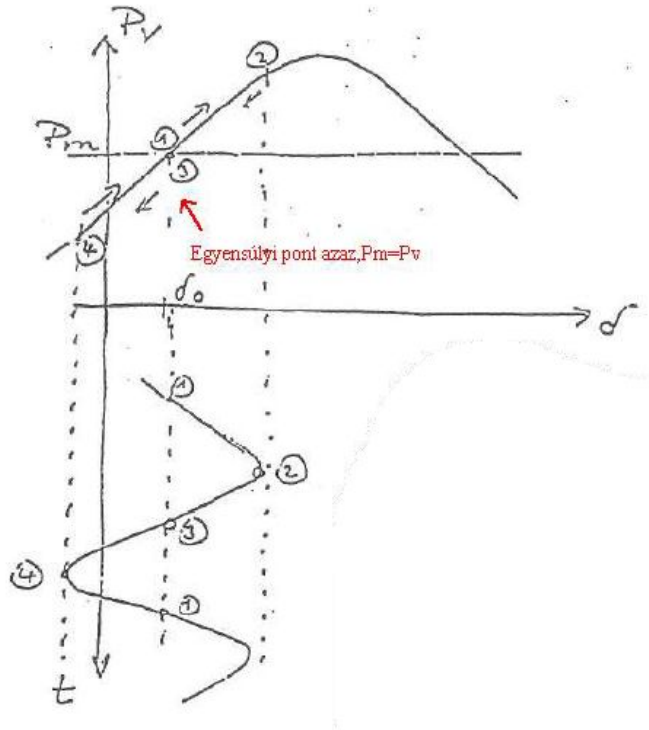
Ábra, képletek, magyarázat:

a) A lengéscsillapító feladata.

PSS: Power System Stabilizer.

A rendszer feladata a munkapont körüli lengések minimalizálás és megszüntetése. A lengés:

$$\delta(t) = \delta_0 + \Delta \delta(t)$$



A rendszer azt figyeli, hogy a munkaponttól melyik irányba térünk el. A legnagyobb beavatkozó jeleket akkor kell szolgáltatni amikor a $\delta(t)$ előjelet vált, hiszen meg kell "fogni" a generátort nehogy túlságosan lelassuljon vagy esetleg felgyorsuljon. A PSS a villamos teljesítménybe avatkozik be.

Ezek alapján ha a rendszerben

- ①-→② eset áll fenn, a fékező hatást növelni kell, azaz ΔP_{pss} pozitív előjelű lesz

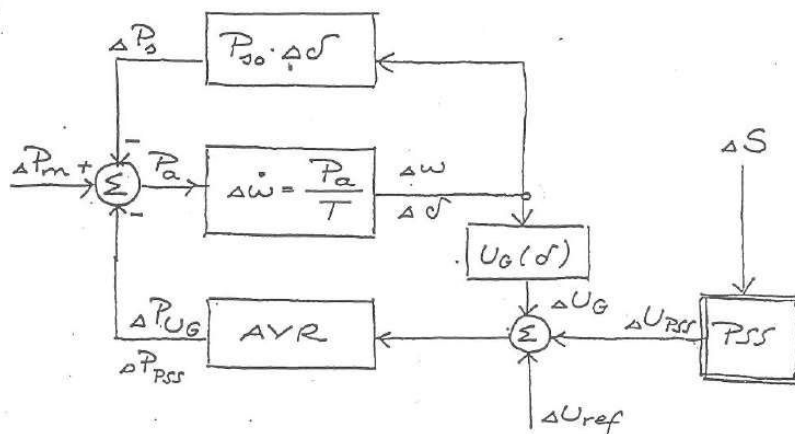
hiszen $\delta = \underbrace{P_m - P_v}_{\text{Ez pozitív lesz}} - \underbrace{\Delta P_{pss}}_{\text{ezért } \Delta P_{pss} \text{-nek pozitívnak kell lennie}}$

- ③-→④ eset áll fenn akkor a gyorsító hatást kell növelni azaz, ΔP_{pss} pozitív előjelű lesz

az előző esethez hasonlóan itt is felírhatjuk, hogy $\delta = \underbrace{P_m - P_v}_{\text{Ez negatív lesz}} - \underbrace{\Delta P_{pss}}_{\text{ezért } \Delta P_{pss} \text{-nek negatívnak kell lennie}}$

Fontos feltétel, hogy a ΔP_{pss} legyen ω -val azonos fázishelyzetű!

b) A PSS hatásmechanizmusa (munkapont körüli linearizált modell blokkvázlata).



AVR: Automatic Voltage Regulator

ΔP_m : ebben az esetben feltételezzük, hogy a mechanikai teljesítmény is változik.

$\Delta P_m^* = \Delta P_s + \Delta P_{UG} + \Delta P_{PSS}$: villamos teljesítmény megváltozása, ahol

- ΔP_s a szinkronozó teljesítmény változása
- ΔP_{UG} a feszültséglengés + AVR hatása
- ΔP_{PSS} az **a**, részben tárgyalt beavatkozó jel

$P_a = P_m - P_v^*$: gyorsító teljesítmény.

A PSS bemenetét ΔS adja, kimenete ΔU_{PSS}

c) A csillapító teljesítmény kívánatos fázishelyzete. Lengéscsillapításra alkalmas bemenő jelek.

Type	Input signal $s_i(s)$	Transfer function $f_s(s)$	Output signal $u_s(s)$ $= s_i(s) \cdot f_s(s)$ [dB]
ω -PSS		$v_\omega \frac{(1+sT_{\omega 1})^2}{(1+sT_{\omega 2})^2}$	
f-PSS		$v_\omega \frac{(1+sT_{f1})^2}{(1+sT_{f2})^2} \cdot \frac{\Delta f}{\Delta \omega}$	as ω -PSS
p-PSS1		$v_p \frac{(1+sT_{p1})^2}{(1+sT_{p2})(1+sT_{p3})}$	
p_a -PSS		as p-PSS1	as p-PSS1
p-PSS2			

20.3 Stabilitásmentő beavatkozások Erőműből szállítható teljesítmény lengéses állapotban.

a) A stabilitásmentés elvi lehetőségei, alkalmazható módszerei.

A stabilitás mentés célja a kinetikus energia és a potenciális energia növelése.

Módszerek:

- zárlathárítás gyorsítása: nevéből adódóan a zárlatok minél előbbi megszüntetését jelenti

- gyors gőzelzárás: a gőzáram csökkentésével, csökkeni fog a gép mechanikai teljesítménye
- gyors felgerjesztés: Ez növeli a gép belső feszültségét, ezáltal a maximálisan leadható villamos teljesítményt.
- r db gép kikapcsolása n db párhuzamosan járó, azonos gép közül lsd b, pont

b) n db gépegységből álló, nagy hálózatra dolgozó erőmű eredő átvivő képessége,

$$P_{\max}^{\Sigma} = \frac{\frac{E'_{Gi} \cdot E_H}{X_{Gi} + X_{TRi}}}{n} + X_H = n \cdot \frac{E'_{Gi} \cdot E_H}{(X_{Gi} + X_{TRi}) + n \cdot X_H}$$

c) egy gépegység átvivőképessége n gépes erőmű esetén

$$P_{\max}^i = \frac{E'_{Gi} \cdot E_H}{(X_{Gi} + X_{TRi}) + n \cdot X_H}$$

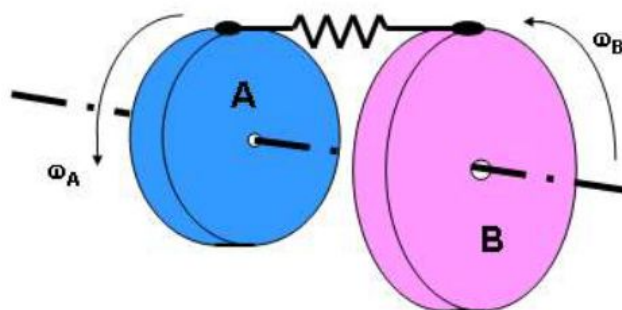
d) r db gép kikapcsolása után, az üzemben maradók közül egy gép átvivőképessége.

$$P_{\max}^{i,(n-k)} = \frac{E'_{Gi} \cdot E_H}{(X_{Gi} + X_{TRi}) + (n - k) \cdot X_H}$$

21 Aszinkron rendszerek összekapcsolása.

21.1 Aszinkron járó rendszerek összekapcsolását kísérő folyamatok enegetikája

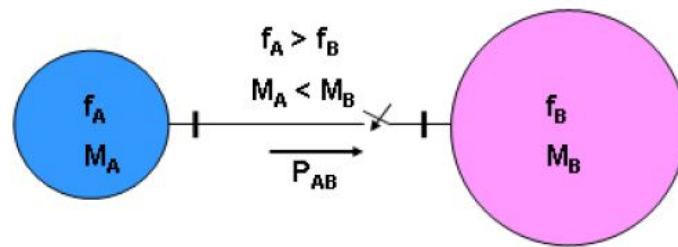
a) Energia- és teljesítménváltozások a két összekapcsolt (A és B) rendszerben



Ha az ω_A és ω_B sebességgel forgó tárcsákat rugó által összekapcsoljuk, akkor a tárcsáknak végül közös ω_K szögsebességgel kell forogniuk, ha a rugó nem szakad el. Ha B tárcsa a nagyobb tömegű, akkor ω_K az ω_B -hez lesz közelebb. Az eredetileg lassabban forgó tárcsa ugyanakkora mozgási energia-többletre tesz szert, amennyivel az eredetileg gyorsabban forgó tárcsa mozgási

energiája lecsökkent. Az energiacsere mindig a „húzó” tárcsától a pillanatnyilag „lemaradt” másik tárcsa irányába zajlik.

Kétegéses elvi rendszermodell



$$\Delta f_{AB} = f_{Ao} - f_{Bo} \quad \Delta \beta_{AB} = \beta_A - \beta_{Bo}$$

Ha az összekapcsolás előtt $f_{Ao} > f_{Bo}$, akkor a végállapothoz $f_{Ao} > f_R > f_{Bo}$ írható.

Ennek eléréséhez a nagyobb frekvenciájú A rendszer forgó tömegeinek lassulni, a kisebb frekvenciájú B rendszer forgó tömegeinek gyorsulni kell. Ennek során az A rendszerből a B rendszerbe irányuló $W_{AB}(t)$ energiaátadás valósul meg. Ha B rendszer a nagyobb forgó tömegű, akkor az f_R az f_{Bo} -hez lesz közelebb.

-Az A rendszer az $f_R < f_{Ao}$ miatt kinetikus (forgási) energiát veszít primer szabályozása a frekvenciacsökkenés miatt betáplálást növel, fogyasztása a frekvencia csökkenése miatt csökken;

-a B rendszer az $f_R > f_{Bo}$ miatt kinetikus energiát vesz fel, a frekvencianövekedés miatt primer szabályozása betáplálást csökkent, fogyasztása a frekvencia növekedése miatt növekszik.

A reszinkronizáció folyamatát és az összekapcsolás után kialakuló „végállapotot” egymással kölcsönhatásban érvényesülő rendszerparaméterek alakítják.

Az f_{Ao} frekvenciájú A rendszer és az f_{Bo} frekvenciájú B rendszer összekapcsolását követő elektrodinamikai folyamat során az energiaátrendeződések a villamos hálózat teljesítményáramlás-változásai révén valósulnak meg. A teljesítményátviteli képességek és a fogyasztói terhelések feszültségfüggés miatti változásai a hálózati feszültségek függvényében alakulnak. Az áramlásokat, illetve azok változásait időben egymásra épülő alapfolyamatok alakítják.

b) A és B rendszer összekapcsolását követő teljesítménylengvéseknél a kapcsolás előtti feszültségkülönbség (abszolút érték- és szögkülönbség) hatása frekvenciakülönbség hatása

- Feszültségkülönbség (abszolút érték- és szögkülönbség) hatása

Az összekapcsolás pillanatában a $\Delta U_{AB0f} \angle \Delta \beta_{AB}$ eltérés hatására

$$I_{AB}^{\Delta U}(0) \approx \frac{\Delta U_{AB0f}}{X_{A3F} + X_{B3F}}$$

A összekapcsolás után a szinkronkapcsoló két oldalán azonos a feszültség, az $I_{AB}^{\Delta U}(t)$ áram feszültséggel azonos fázishelyzetű komponense a siető feszültségű ponttól a késő irányába mutató hatásos teljesítmény, a feszültségre merőleges komponense meddő teljesítmény áramlást okoz.

$$P_{AB}^{\Delta \beta}(0) \approx \frac{\sin(\Delta \beta_{AB}) U_n}{X_{A3F} + X_{B3F}} \cdot U_n \quad Q_{AB}^{\Delta U \text{ 0fok}}(0) \approx \frac{\Delta U_{AB0}}{X_{A3F} + X_{B3F}} \cdot U_n$$

- Frekvenciakülönbség hatása

$$\Delta W_{\omega_K} = M_A(\Delta \omega_{Ao} - \Delta \omega_K) = M_B(\Delta \omega_K - \Delta \omega_{Bo}) = (\Delta \omega_{Ao} - \Delta \omega_{Bo}) \cdot M_{AB}$$

értékű (kinetikus) energiának kell átjutnia, amelyben $M_{AB} = M_A M_B / (M_A + M_B)$ az ekvivalens perdület a két rendszer egymáshoz viszonyított lengéseiben.

c) A kialakuló közös szinkron frekvencia primer szabályozás és hálózati hatások nélkül

$$f_K = \frac{f_{Ao} \cdot M_A + f_{Bo} \cdot M_B}{M_A + M_B} \quad f_K - f_n = \Delta f_K = \frac{\Delta f_{Ao} \cdot M_A + \Delta f_{Bo} \cdot M_B}{M_A + M_B}$$

Az A és B rendszer közös elvi lengésközéppontjának $f_R = f_K$ frekvenciája már az összekapcsolás pillanatában „létrejön” és frekvenciaszabályozás nélküli folyamatban változatlan marad.

21.2 Aszinkron járó rendszerek összekapcsolása eredményességének feltételei

a) A frekvenciakülönbség elvi maximuma a reszinkronizálás eredményességéhez

A forgó tömegekből és a rendszerek között az adott összekapcsolási helyre vonatkozó dinamikailag átvihető legnagyobb teljesítményből meghatározható az összekapcsolás előtti legnagyobb Δf_{max} frekvenciakülönbség, amelynél még eredményes lehet a szinkronkapcsolás. Ez a Δf_{max} csillapodás nélküli elvi esetben az összekapcsolási helyen kialakuló rendszerközi lengések frekvenciájának kétszerese. Az A és B rendszer közötti lengések frekvenciája:

$$P_{AB}^S \text{ szinkronozó teljesítményt}$$

$$\rightarrow f_{ABL} = (1/2\pi) \sqrt{P_{AB}^S / M_{AB}} \approx (1/2\pi) \sqrt{P_{AB\max}^\delta / M_{AB}} \quad [1/s] \quad \text{és} \quad T_{ABL} = 1 / f_{ABL} \quad [s]$$

A P - δ trajektóriához a δ_{AB0} és $\delta_{ABL\max}$ között értelmezett maximális potenciális energia alapján:

$$(1/2)(\Delta\omega_{AB0})_{\max}^2 \cdot M_{AB} = P_{AB\max}^\delta (\cos \delta_{AB0} - \cos \delta_{ABL\max})$$

elvi határként $\delta_{ABL\max} = 180^\circ$

$$\rightarrow (\Delta f_{AB0})_{\max} = (1/2\pi) \sqrt{(2P_{AB\max}^\delta / M_{AB}) \cdot (\cos \delta_{AB0} + 1)}$$

Legkedvezőbb esetben $\delta_{AB0} = 0^\circ$, így:

$$\rightarrow (\Delta f_{AB0})_{\max} = | (f_{A0} - f_{B0})_{\max} | = 2 \cdot f_{ABL}$$

b) A kialakuló közös szinkron frekvencia a primer szabályozás figyelembevételével

- Ha csak primert szabályozás van (nincs szekunder, fogyasztó ki/be kapcsolás)
- Fogyasztói terhelések u , t függésétől eltekintünk
- Veszteség megvalósításától eltekintünk

$$\Delta f_{A0} = f_{A0} - f_n$$

$$\Delta f_{B0} = f_{B0} - f_n$$

$$\rightarrow \Delta f_P = \frac{\Delta f_{A0} \cdot K_A + \Delta f_{B0} \cdot K_B}{K_A + K_B} \quad f_P = \frac{f_{A0} \cdot K_A + f_{B0} \cdot K_B}{K_A + K_B}$$

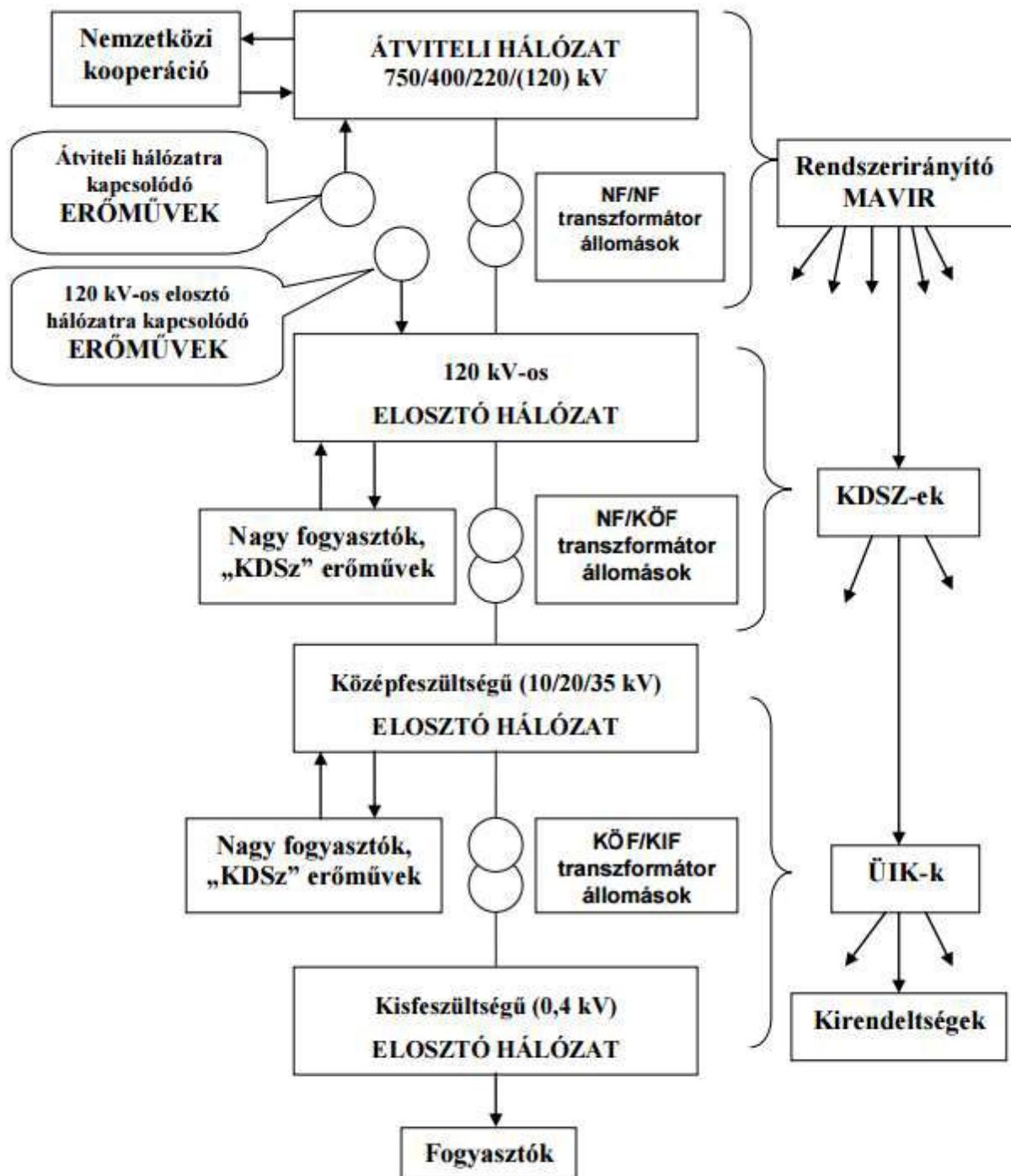
c) A közös frekvenciájú szinkron üzem kialakulásának feltételei, követelmények az összekapcsolás által érintett hálózatrész és erőművek vonatkozásában

- A kapcsolás előtti frekvenciakülönbség ne haladja meg azt az adott kapcsolási helyre vonatkozó kritikus értéket, amelyhez tartozó energiaátrendeződés, illetve teljesítményáramlási kényszer még éppen lehetővé teszi közös frekvencia kialakulását. Szögkülönbség kedvezőtlenül hat a kinetikus energiák átrendeződéséhez szükséges energiaátadás megvalósulására.
- Távfűzeték(ek) védelmei ne kezdeményezzenek kikapcsolást az esetenként jelentős kapcsolási áramcsúcs és a két rendszer között meginduló teljesítményáramlás miatti gyors áramnövekedés hatására.
- A gépegységeknél a rövid idejű áramlökések ne okozzanak túláramvédelmi működést. A kezdeti áramnövekedést mérsékli, ha az összekapcsolás előtti pillanatban a nagyobb frekvenciájú rendszer feszültsége a késő fázishelyzetű.
- Az áramlásnövekedés által igénybe vett „távvezeték-útvonalak” feszültségtartása, átvivő képessége legyen elegendő az energiaátrendeződés kényszeréből adódó teljesítmény átvitelére.
- A feszültségtartáshoz a gépegységeknél legyen elegendő áramterhelhetőségi tartalék, a feszültségszabályozás hatékony legyen.
- A feszültségtartás képes legyen „megőrizni” a fogyasztói terhelés értékét, mert a terhelés jelentősebb változása kedvezőtlen módon alakíthatja az összekapcsolt rendszerek közötti kényszeráramlást, destabilizálhatja a közös frekvencia és a gépegységek szinkronüzemének kialakulását.

- A teljesítményt kitápláló és az azt fogadó rendszerben üzemelő gépegységeknek legyen megfelelő dinamikus stabilitási tartaléka.
- A primer szabályozáshoz legyen elegendő mértékű és aktiválódó tartalék. Az igénybevétel miatt kedvezőbb, ha összekapcsolás előtt a nagyobb összteljesítményű rendszer a nagyobb frekvenciájú, mert a frekvencia csökkenése.
- Az összekapcsolt rendszernek szekunder szabályozással képes legyenek beállítani a frekvencia és a rendszerek közötti teljesítményállítás elfogadható értékét.

22 A villamosenergia-rendszer irányítása

22.1 Villamosenergia-rendszer irányításának hierarchiája



A hazai villamosenergia-rendszer és irányításának hierarchiája

Az együttműködő energiarendszerek biztonságos, jó minőségű villamos energiát optimális körülmények között szolgáltató üzemének fenntartása olyan méretű irányítási feladat, amely hierarchikus felépítésű rendszerirányítással oldható meg. Az ábrán látható szabályozási zóna üzemirányítási hierarchiájának legfelső szintjén az átviteli hálózati rendszerirányító (TSO) áll. Magyarországon ezt a tevékenységet a MAVIR látja el.

Feladatai:

- a nagyfeszültségű, hurokolt 750–400–220 kV-os átviteli hálózat üzemeltetése
- az átviteli hálózatba tápláló erőművek irányítása
- folyamatos kapcsolattartás a környező szabályozási zónák TSO-ival
- A villamosenergia-piac működtetése
- Rendszerszintű szolgáltatások biztosítása
- Kiegyenlítés: a határkeresztező teljesítményáramlások menetrend közeli értéken tartása ACE alapú szabályozással.
- A kötelező átvételű termelés (KÁT) kezelése
- Folyamatos kapcsolattartás a Közzetű Diszpécser Szolgálatokkal (KDSz)
- A rendszerirányítás számítógépes támogatásának üzemeltetése
- Üzemi jellemzők archiválása, elszámolások, statisztikák készítése, üzemértékelési adatok publikálása.

Az Áramszolgáltatók (elosztóhálózati engedélyesek) tulajdonosai és üzemeltetői a 120 kV-os és alacsonyabb feszültségű elosztóhálózatoknak, üzemirányítási feladataikat a Közzetű Diszpécser Szolgálatok (KDSz-ek) látják el. Az elosztóhálózati engedélyesek jogosultak Üzemirányító Központokat (ÜIK), illetve Kirendeltségeket működtetni.

Az elosztó hálózati üzem felügyelete, irányítása, a KDSZ feladatai:

- A 120 kV-os elosztó hálózat üzemeltetése. A közép- és kisfeszültségű hálózatokkal kapcsolatos hasonló feladatokat (esetenként) az Üzemirányító Központok, illetve Kirendeltségek végzik.
- A rendszerszintű üzemirányításba be nem vont termelő egységek üzemének irányítása.
- Folyamatos kapcsolattartás a Rendszerirányítóval, az Üzemirányító Központok felügyelete.
- Döntést előkészítő teljesítmény-eloszlás és zárlatszámítások a kapcsolások várható hatásainak ellenőrzésére, tervezett és terven kívüli kapcsolások Rendszerirányítóval egyeztetett végrehajtása, távkezelés.
- Meddőteljesítmény gazdálkodással kapcsolatos feladatok
- Terhelési és hálózati adatbázis naprakész állapotban tartása, terhelésbecslés. Becsült csúcsteljesítmények (P és Q), terhelési görbe meghatározása.
- Fogyasztói terheléskorlátozással kapcsolatos feladatok
- Hálózati karbantartások tervezése
- Információ karbantartás.
- Statisztikák készítése
- Archiválás

22.2 Villamosenergia-rendszer irányításának számítógépes támogatása. SCADA rendszer

A rendszerirányítás számítógépes támogatásához nagy mennyiségű, jórészt valós idejű információ folyamatos továbbítása, tárolása és feldolgozása szükséges, alapvető fontosságú a rendszerirányítás megbízható számítógépes támogatása.

a) A SCADA értelmezése, feladatainak általános jellemzése

A számítógépes rendszerirányítás alapja, ami kiterjed a távmérések, távjelzések fogadására, ezek primer hihetőség-vizsgálatára, rendszerezésére, frissítésére, megjelenítésére és tárolására. Az ide tartozó funkciók jellegzetesen on-line, real-time típusúak, fontos követelmény ezek megbízható működése bármely rendszerállapotban. Általában nincsenek bonyolult algoritmusok, a programok néhány ms futási idejűek, ciklikusan hajtódnak végre.

b) Tipikus SCADA funkciók felsorolása, értelmezése

- Távmérések, távjelzések fogadása: a rendszerirányításhoz szükséges információk az irányított objektumoktól az irányító központba hírközlő rendszeren keresztül jutnak el digitális táviratok, és/vagy analóg jelek formájában. Az információk dekódolása, primer hihetőség-vizsgálata, fizikai adatbázisba szervezése ciklikusan futó programokkal valósul meg.
- Valós idejű adatbázis készítés rövid, néhány másodperces frissülési idővel.
- Megjelenítés, ember-gép kapcsolat. A ciklikusan frissülő információk képernyőkön, illetve sématablán jeleníthetők meg. Az összes információ együttes megjelenítésére általában nincs lehetőség, de a gyakorlatban ez nem is szükséges. Szokásos megoldás hogy előre generált, változatlan struktúrájú képernyő háttéren rendszerezett formában helyezik el a frissülő adatokat.
- Naplózás: a valós idejű adatbázis információi az üzemértékelés számára megfelelő ciklusidővel archiválódnak. Az üzemi naplók alapján készülnek az energia-elszámolások, napi jelentések. Az esetleges üzemzavarok kiértékeléséhez fontos támpont a kapcsolási sorrendet őrző eseménynapló és a mért adatok archiválásával készülő PMR napló.
- Határérték és gradiens figyelés. Veszélyeztetett, illetve veszélyes állapotok felismerésénél van nagy jelentősége. Figyelmeztető jelzéseket küld az üzemirányító személyzet számára, aciklikusan indítja a naplózást.
- Topológia analízis: a kapcsolási állapotnak, a hálózat egybefüggőségének ellenőrzésére, a változások regisztrálására, üzemzavar felismerésre szolgál.
- Távparancsadás. Az irányító személyzet parancsait és az EMS által számított, a diszpécser által kiküldésre engedélyezett beállítási értékeket a SCADA a telemechanika rendszeren keresztül közvetíti az irányított objektumokhoz

22.3 Villamosenergia-rendszer irányításának számítógépes támogatása. EMS rendszer

a) Az EMS feladatok általános jellemzése

Az EMS funkciók szoftverei a feladatok jellege szerint sorolhatók az üzemelőkészítést, a valós idejű rendszerirányítást és az üzemértékelést támogató funkciók közé, azonban átfedések is vannak, mivel gyakran használnak azonos szoftvert. Az EMS szoftverekre jellemző, hogy az üzemállapot elemzése alapján működnek, viszonylag nagy aritmetikai igényűek, gyakran használnak iterációt. A rendszerirányítási gyakorlatban nem alakult ki egységes szoftvercsomag az EMS funkciók ellátására, a feladatok folyamatosan bővülnek, a programok állandó fejlesztés alatt állnak.

b) A SPECTRUM rendszerben üzemelő fontosabb EMS funkciók közül legalább 5 –nek a felsorolása

ACG, Diszpécseri, Optimális, Topológia feldolgozás, Állapotbecslés

c) A felsorolt funkciók feladatának néhány mondatos értelmezése

AGC: SCADA mérésekre alapozva meghatározza a területi szabályozási hibát (ACE) és ennek feldolgozásával az automatikus szekunder teljesítményszabályozásba bevont gépegységek számára szabályozási célértéket számít. A számított célérték a SCADA rendszeren keresztül jut a szabályozott gépekhez, illetve csoportokhoz.

Diszpécseri: célja, illetve feladata a tervezett kapcsolások, áterhelések hatásának előzetes elemzése az állapotbecslés által meghatározott rendszerállapotban.

Optimális : feladata, hogy az állapotbecsült rendszerállapotból kiindulva a megvalósíthatósági korlátok, a szabályozási lehetőségek kihasználásával, egy adott üzemállapotot előre definiált célfüggvény szerint átrendezzen, ezáltal tanácsadó funkciót biztosít az üzemirányító személyzet számára.

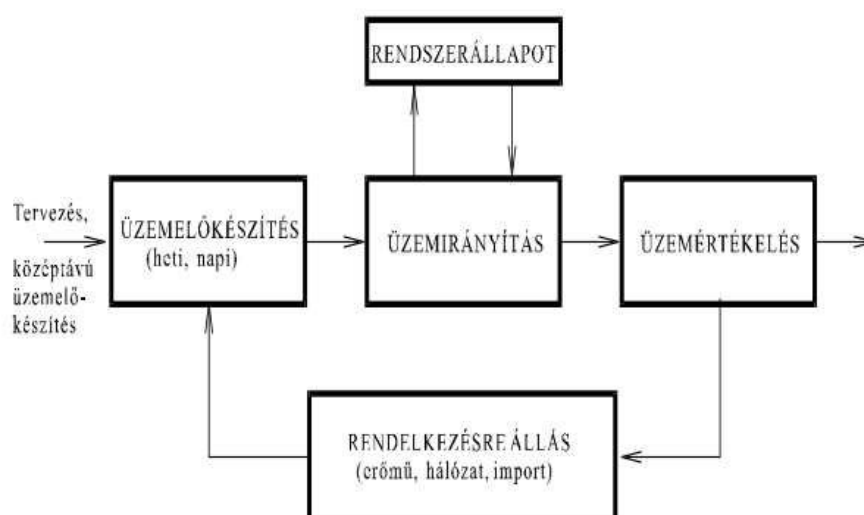
Topológia feldolgozás: A valós idejű hálózatszámítás indító funkciója, feladata, hogy az EMS rendszerbe szervezett funkciók számára SCADA állásjelzések alapján az aktuális hálózati állapotnak megfelelő hálózati modellt előállítsa.

Állapotbecslés: Feladata, hogy a SCADA által gyűjtött mérések, állásjelzések alapján meghatározza az energiarendszer legvalószínűbb állapotát és a hálózatszámító szoftverek részére konzisztens adatbázist hozzon létre.

23A Átviteli hálózat üzemvitele. 23B Rendszerszintű szolgáltatások

23.1 Az átviteli hálózati üzem felügyelete, irányítása. a Rendszerirányító üzemelőkészítő feladatai

a) rendszerirányítási feladatok



b) az üzemelőkészítési feladatok általános jellemzése

Az üzemelőkészítés célja a várható felhasználói igények, a rendelkezésre álló kapacitások, az igényelt átviteli szolgáltatások és a tervezett munkák alapján a VER üzemállapotának, és üzemállapotváltozásainak előzetes megtervezése.

c) legalább 5 üzemelőkészítési feladat felsorolása és az elvégzendő tevékenység néhány mondatos ismertetése

- A VER várható üzemi kapcsolási állapotának (állapotainak meghatározása)
- A tervezett üzemállapotok meghatározása, előzetes vizsgálata, üzemelőkészítő hálózatszámítások elvégzése
- Hálózati szűk keresztmetszetek kialakulási veszélyének előzetes felismerése, a felismert szűk keresztmetszetek kezelése az újrateherelosztás módszerével.
- A várható felhasználói igények meghatározása, terhelésbecslés
- Piaci szereplők menetrend bejelentésének befogadása, értékelése, elfogadása
- Kötelező átvételű termelés (KÁT) kezelése
- A VER biztonságos és megbízható üzeméhez szükséges rendszerszintű szolgáltatások megrendelése, lekötése
- Forrásteljesítmények menetrendjének elkészítése.

23.2 Az átviteli hálózati üzem felügyelete, irányítása. a Rendszerirányító operatív üzemirányítási feladatai

a)Rendszerirányítási feladatok, operatív üzemirányítási feladatok ismertetése (min 5) normál és üzemzavarosállapotban

Normál állapot:

- rendszerfelügyelet, a tervezett (üzem előkészítés általmeghatározott) és tény rendszerállapot összehasonlítása, elemzése, módosításának kezdeményezése a valós idejű és vizsgálati módú hálózatszámítási funkciók eredményeinek figyelembe vételével
- rendszerszintű szolgáltatások rendelkezésre állásának folyamatos biztosítása, a rendszerszintű szolgáltatások igénybevétele, a szolgáltatás minőségének ellenőrzése, dokumentálása
- villamosenergia-rendszerek közötti nemzetközi együttműködés kötelezettségeiből következő tevékenységek ellátása, koordinálása az érvényben lévő megállapodások, nemzetközi ajánlásoknak megfelelően
- a VER átviteli hálózatának teljes körű üzemirányítása, ágáramlások és a csomóponti feszültségek határértékeinek betartása
- a rendszerszintű üzemirányításba bevont erőművek üzemének irányítása
- A napi hálózati program szerinti tervszerű kapcsolások irányítása
- tervtől eltérő üzemállapotok engedélyezése
- az üzemi napra vonatkozó tevékenységek végrehajtása a Kereskedelmi Szabályzat előírásainak figyelembevételével
- kapcsolattartás más üzemirányító szervezetekkel
- az üzemirányításhoz szükséges infrastrukturális eszközrendszer üzemének felügyelete
- adatgyűjtés, adatszolgáltatás, naplózás a rendszerszintű szolgáltatások elszámolásához, üzemértékeléshez
- rendszer-üzemzavart megelőző automatikák felügyelete

Üzemzavaros állapot:

- üzemzavar felismerése, az üzemzavar-elhárítás irányítása
- szükség esetén felhasználói korlátozások elrendelése
- a beavatkozások dokumentálása
- a rendszer visszatérítése lehetőség szerint a normál állapotba.

23.3 Az átviteli hálózati operatív üzemirányítás végrehajtása

a) az energiarendszer-irányítási diszpécser feladatköreinek ismertetése

A VER teljesítmény-egyensúlyának biztosítása és a VER normál üzeme szempontjából mindenkor szükséges beavatkozások meghatározása, végrehajtása, illetve végrehajtatása.

Ide tartoznak:

- a villamos energia export-import forgalom menetrendnek megfelelő szinten tartása,
- az erőművek üzemállapotának felügyelete,
- a rendszer terhelésének követése, a rendszer teljesítményegyensúlyának folyamatos figyelése,
- a primer, szekunder, perces és órás (tercier) szabályozási tartalék, illetve egyéb
- rendszerszintű szolgáltatások operatív biztosítása és igénybevétele.

b) a hálózati irányítási diszpécser feladatköreinek ismertetése

- Távvezetékek ki- és bekapcsolása.
- Transzformátorok ki- és bekapcsolása.
- Feszültség- és meddőteljesítmény-szabályozás,
- Transzformátor fokozatkapcsoló léptetés, söntfojtó ki- és bekapcsolás.
- Áramutak kialakítása távkapcsolással.
- Hálózati üzemzavarok megelőzése, felismerése, elhárítása.
- Üzemviteli és üzemzavari automatikák átkapcsolása.
- Kapcsolattartás a partner TSO-kkal és KDSZ-ekkel.
- Kezelési illetékességek váltása.
- Feszültségmentesítésekhez tartozó távkapcsolások.

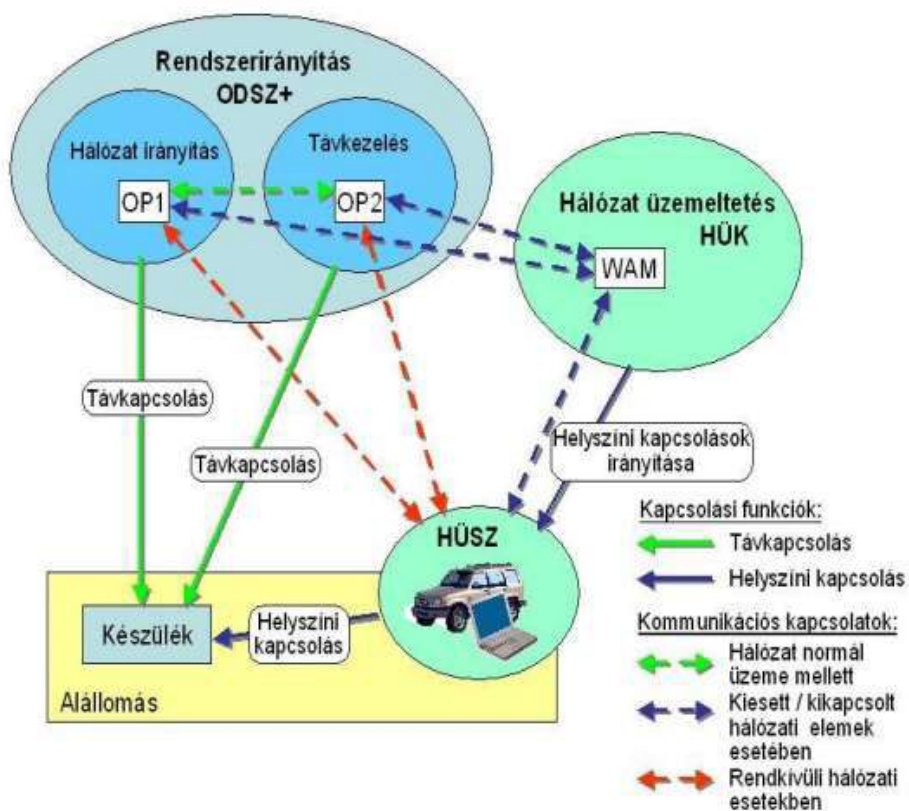
c) a távkezelési diszpécser feladatköreinek ismertetése

A MAVIR üzemirányítási hatáskörébe tartozó hálózati elemeken a hálózati irányítási diszpécserrel átvett kezelési illetékesség birtokában történő távkapcsolások elvégzése, távfelügyelet ellátása. Hálózati elem üzemzavara vagy üzemképességének elvesztése miatt felfüggesztett, illetve nem végrehajtott távkapcsolási műveleteknél intézkedés az üzemzavar vagy üzemképesség elvesztés elhárításáról. A távkapcsolással nem elhárítható hibák esetén az üzemképesség helyreállításához szükséges feladatokat a Hálózat Üzemeltetési Központ (HÜK) látja el. A feladat végrehajtását a hálózati elem üzemzavar elhárítást végző helyi szolgálat végzi (HÜSZ) a kezelési illetékesség átadásával. A hálózati elemek VER-hez kapcsolható állapotba hozása után történik a kezelési illetékesség visszaadása a hálózati irányítási diszpécsernek.

A nem MAVIR-irányítású hálózaton:

- Távvezetékek ki- és bekapcsolása.
- Transzformátorok ki- és bekapcsolása.
- Áramutak kialakítása távkapcsolással.
- Hálózati üzemzavarok megelőzése, felismerése, elhárítása.
- Üzemviteli és üzemzavari automatikák átkapcsolása.
- Feszültségmentesítésekhez tartozó távkapcsolások.
- Segédüzem, transzformátor segédberendezések átkapcsolása
- Kapcsolattartás a KDSZ-ekkel, ÜIK-kkal.
- Kapcsolattartás a HÜK szolgálattal.

d) a hálózati irányítási, távkezelési és hálózat üzemeltetési feladatok bemutatása ábra segítségével

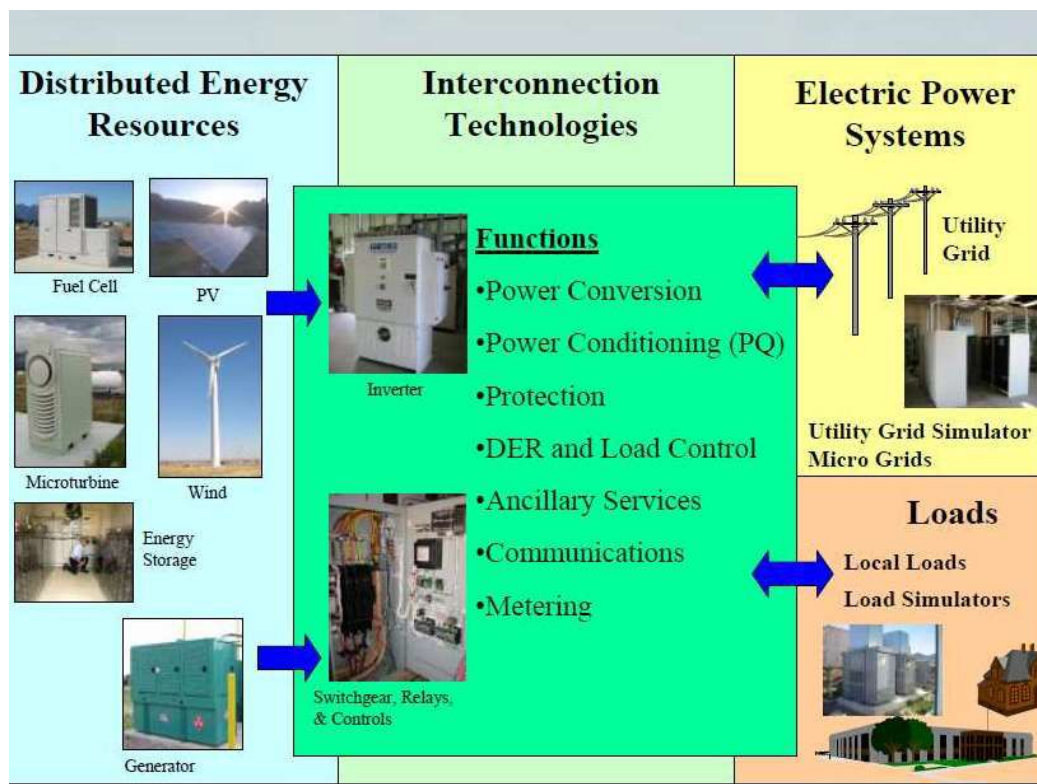


1. ábra: Az üzemviteli szolgáltatások

24 Termelőegység hálózati csatlakozása

24.1 Csatlakozás villamos kialakítása, előírások és követelmények

a) Ismertesse a termelőegységek hálózatra csatlakozásának lehetséges villamos megoldási típusait



Mivel sok kis elosztott energiatermelőnk van amik termelnek egyenáramot (napelemek, üzemanyagcellák) és váltóáramot is (szél-, víz-, gázturbinák), a hálózatra csatlakozáshoz szükség van egy közbeiktatott átalakító központra is. Ez az energia átalakítás történhet szinkron gépekkel, aszinkron gépekkel illetve egyéb statikus konverterekkel (pl. Hálózati kommutációs inverter).

b) Ismertesse a zárlat-áthidalási képesség (FRT: Fault-ride-through capabilities) követelményt

- Meghatározni a feszültségprofilokat, ahol nem megengedett a hálózatról történő leválás. (Szinkron generátorok szögstabilitása.)
- Meghatározni a meddőáram betáplálást a PPM-ok (Power Park Moduls) közelében fellépő hibáknál és a dinamikus feszültségszabályozást a hibákat követően. (Feszültség stabilitás.)
- Meghatározni a hatásos teljesítmény visszatérést a feszültség visszatérése után. Kis kiterjedésű szinkron terület, gyors P visszatérés. (Frekvencia stabilitás.)

25A Elosztott energiatermelés. 25B Elosztóhálózat üzemvitele.

25.1 Elosztott energiatermelés fő jellemzői

a) ismertesse az elosztott energiatermelés lényegét, jellemző felhasználási területeit

Az elosztott energiatermelés általában az energiának a tényleges felhasználásához közeli előállítását jelenti. Előnye hogy a villamos energiát nem kell nagy távolságra szállítani, így

csökkennek a veszteségek. A kisebb felépítmény és kevesebb elosztó hálózat következtében jelentősen csökkenhetnek a beruházási költségek és a környezeti hatások.

Egyéb jellemzők:

- Nem központilag tervezett, és általában független energiatermelők vagy felhasználók üzemeltetik
- Nincs központilag szabályozva (bár a virtuális erőművek koncepciója, amelyben a sok decentralizált energiatermelő egység egyetlen egységként szerepel, ellentmond ennek a meghatározásnak)
- 50 MW-nál kisebb (egyes források 300 MW-ig tekintenek bizonyos rendszereket elosztott energiatermelő rendszernek)
- A villamosenergia-rendszerhez annak általában a 240/400 V - 110 kV feszültségű részén kapcsolódik, bár ez országonként változhat.

Jellemző felhasználási területei:

- Háztartások ('mikroerőművek': villamosság és hő)
- Kereskedelem (épületekkel kapcsolatos: villamosság és hő)
- Üvegházak (termeléssel kapcsolatos: villamosság, hő és széndioxid a növények számára)
- Ipar (termeléssel kapcsolatos: villamosság és gőz)
- Távfűtés (épületekkel kapcsolatos: villamosság és hő a távhőszolgáltató hálózaton keresztül)
- Villamosenergia-rendszer (csak villamos energia a hálózatba).

b) adjon meg legalább 5 jellemzően elosztott energiatermelés technológiát

Kombinált ciklusú gázturbina, Mikro turbinák, Belső égésű motorok, Szélturbinák, Kis- és Mikro vízerőművek, Geotermális erőművek, Árapály erőművek, Napelemek és Napkollektorok, Üzemanyagcellák, Biomassza erőművek

25.2 Az elosztó hálózati üzem felügyelete, irányítása, a KDSZ üzemelőképzési feladatai

Ismertetés, értelmező magyarázat:

a) a KDSZ üzemelőképzési feladatai, felsorolás

- A normál kapcsolási állapot meghatározása:
 - Információ karbantartás. Távmérés, távjelzés forrásoldali karbantartása, hibás információk felfedése, új mérések, jelzések képzése. Külső hálózati koordináció (pl.: NF/120 kV-os transzformátorok üzemkészsége)
- Munkatervkészítés
 - A zavartalan és üzembiztos villamosenergia-szolgáltatás igényli a hálózaton folyó munkák összehangolását az elosztó hálózatokon és az átviteli hálózaton is, ezért a hálózati munkákhoz munkatervet kell készíteni. Ezt a feladatot az Üzemi Szabályzat előírásait figyelembe véve az érintett üzemeltetőkkel és üzemirányító szervezetekkel együttműködve kell elvégezni. A feszültségmentesítési igény bejelentését minden esetben az üzemeltetőnek kell kérni. A munkák tervezhetősége miatt a munkaterv többszintű, éves, havi, heti és napi bontásban készül. A munkatervek rendszerét az elosztói engedélyeseknek belső szabályzatban kell rögzíteni. A hálózatszámításhoz szükséges hálózati adatok körét az üzemviteli megállapodásban kell rögzíteni.
- Hálózati zárlati és egyéb próbák, mérések engedélyezése

- Terhelési és hálózati adatbázis naprakész állapotban tartása
- Terhelésbecslés. Becsült csúcsteljesítmények (P és Q), terhelési görbe meghatározás.
- Korlátozásba (FKA, FTK, RKR) bevont fogyasztói leágazások listájának naprakész állapotban tartása.
- Hálózati karbantartások tervezése
- Berendezések karbantartásának tervezése
 - Karbantartási ciklusidők figyelése, igénybevétel, elhasználódás követése.
 - Összetartozó berendezések különböző illetőségű karbantartásainak összehangolása.
- A hálózat üzemállapotának előkészítése
 - Bontási helyek (KÖF) meghatározása havi, heti, napi részletességgel.
 - Csomópontok feszültségének, kondenzátortelepek kapcsolási állapotának meghatározása, a 120 kV/KÖF transzformátorok üzemállapotának meghatározása, szabályozásának ellenőrzése.
- Információ karbantartás. Távmérés, távjelzés forrásoldali karbantartása, hibás információk felfedése, új mérések, jelzések képzése.
- Külső hálózati koordináció (pl.: NF/120 kV-os transzformátorok üzemkésztsége)

b) a felsorolt KDSZ üzemelőkészítési feladatok közül legalább 5 –nek néhány mondatos értelmezése

Isd. a) pont

c) a KDSZ üzemértékelési feladatainak áttekintő ismertetése

Az üzemirányító szervezetek vezetői folyamatosan kötelesek elemezni és értékelni az üzemirányítási tevékenységet, és gondoskodni az üzemirányítással kapcsolatban feltárt hiányosságok megszüntetéséről. Ennek ki kell terjednie a tervszerű-, és üzemzavari eseményekre, és minden üzemirányítással kapcsolatos tevékenységre.

- Statisztikák készítése
- Archiválás

25.3 Az elosztó hálózati üzem felügyelete, irányítása, a KDSZ operatív üzemirányítási feladatai

Ismertetés, értelmező magyarázat:

a) a KDSZ rendszer felügyeleti és rendszerirányítási feladatainak felsorolása

Az üzemirányítás a hálózatok üzemállapota feletti rendelkezés és a rendszer felügyelete.

A teljes üzemirányítási tevékenység magában foglalja:

- az üzemelőkészítést
- az operatív irányítást
- az üzemértékelés részfolyamatait

b) Operatív üzemirányítási feladatok: (valós idejű rendszerirányítás)

1) Rendszerfelügyelet: (a féélkövér dőlt betűs rész a c) feladatrészhez tartozik)

A hálózatokat a normál kapcsolási üzemben kell tartani. Attól eltérni csak a heti munkatervben meghatározott tervszerű munkák, üzemzavar megelőzés, üzemzavar-elhárítás, vagy külön utasítás alapján szabad. Az üzemeltető személyzet és az üzemirányító feladata a rendelkezésre bocsátott eszközökkel a villamos energia minőség paramétereinek ellenőrzése. (Ha eltér, javítani szükséges)

- a tervezett és a valóságos rendszerállapot összehasonlítása SCADA információk alapján
- terhelődési és feszültség határértékek betartásának ellenőrzése
- kapcsoló elemek állásjelzés-változásainak feldolgozása

- védelmi működések figyelése, feldolgozása
- riasztások kezelése
- az irányított rendszer pillanatnyi üzemállapotának értékelése, veszélyeztetett és veszélyes állapotok felismerése
- automatikus kapcsolások végrehajtásának felügyelete
- naplózás
- SCADA rendszer üzemképességének felügyelete

2) Rendszerirányítás:

- Kapcsolattartás a Rendszerirányítóval, ÜIK-kal és Üzemeltetőkkel (alállomásokkal, kezelőkkel) **Az üzemirányító által adott utasításokat az üzemeltető erre feljogosított személyzetének haladéktalanul és maradéktalanul végre kell hajtania. Ha a kiadott utasítással kapcsolatban azonban véleménykülönbség lép fel, azt jelezni kell az utasítást adó részére. Bizonyos esetekben az utasítás végrehajtása megtagadható.**
- Döntés előkészítő teljesítmény-eloszlás és zárlatszámítások kapcsolások várható hatásainak ellenőrzése
- Tervezett és terven kívüli kapcsolások végrehajtása, távkezelés, karbantartási munkák vezénylése
- Meddőteljesítmény gazdálkodással kapcsolatos feladatok **(kondenzátor kapcsolás, beavatkozás az ATSZ-ek működésébe, KDSZ erőművek meddő betáplálásának előírása, legkisebb veszteségű üzem tartása a feszültség határértékek betartásával)**
- Fogyasztói terheléskorlátozással kapcsolatos feladatok
 - **Felhasználói terheléskorlátozás:**
 - **Válsághelyzet kezelés:**
 - **A korlátozások üzemirányítója a rendszerirányító.**
 - **Alállomási leterhelési terv**
 - **Több egyidejű fellépő meghibásodás esetén előfordulhat, hogy a rendszerfelhasználók teljes körű ellátása lehetetlenné válik. A leterhelési terv végrehajtását a területileg illetékes üzemirányító rendeli el.**
- - Üzemzavar elhárítás
 - **Az üzemirányítók az üzemi eseményekről az üzemeltetőktől, az irányítástechnikai rendszeren keresztül, vagy egyéb külső forrásból értesülhet.**
 - **Üzemzavar esetén, annak megszüntetése az üzemirányító utasításai által lehetséges.**
- Naplózás

c) a felsorolt KDSZ operatív üzemirányítási feladatok közül legalább 5-nek néhány mondatos értelmezése

Isd. b) pont

d) a KDSZ üzemértékelési feladatainak áttekintő ismertetése

A KDSZ üzemértékelés feladata:

Az üzemirányító szervezetek vezetői folyamatosan kötelesek elemezni és értékelni az üzemirányítási tevékenységet, és gondoskodni az üzemirányítással kapcsolatban feltárt hiányosságok

megszüntetéséről. Ennek ki kell terjednie a tervszerű-, és üzemzavari eseményekre, és minden üzemirányítással kapcsolatos tevékenységre.

- Elszámolási mérések kezelése
- Export- import elszámolás
- A kiegyenlítő energia árának meghatározása
- A bekövetkezett üzemzavarok kiértékelése, üzemzavari jelentések készítése
- Elszámolás a mérlegkörökkel

Statisztikai elemzések készítése:

- a) Az Országos Terhelésmérés (OTM) időszakában MW, Mvar terhelési, kWh fogyasztási és feszültségadatok (kV) rögzítése csomópontokra erőművekre távvezetésekre, transzformátorokra
- b) üzemzavari statisztikák készítése GVA, LVA működések adatszolgáltatása MEH-nek
- c) berendezések működési statisztikái a karbantartás tervezéshez
- d) üzemszünetek nyilvántartása

Archiválás:

- a) hálózatkép az OTM időszakában
- b) meghatározott eseményekről hibanapló tárolása (post portem)
- c) védelem-automatika működések (jelzés)

26 Villamos energia tárolása

26.1 Villamos energia tárolása, technológiák

A villamos energia tárolására komoly igény mutatkozik, melynek fő indokai az alábbiak:

- A völgy/csúcsterhelés szerint változó termelési igény egyenletesebbé tétele a tárolók megfelelő időben történő feltöltésével/kisütésével
- A sztochasztikus, időjárásfüggő termelők esetleges hiányára forrástöbbletet teremteni
- A pillanatnyi primer/szekunder/tercier szabályozáshoz tartalékképzés

a) soroljon fel legalább 5 villamosenergia-tárolás technológiai lehetőséget

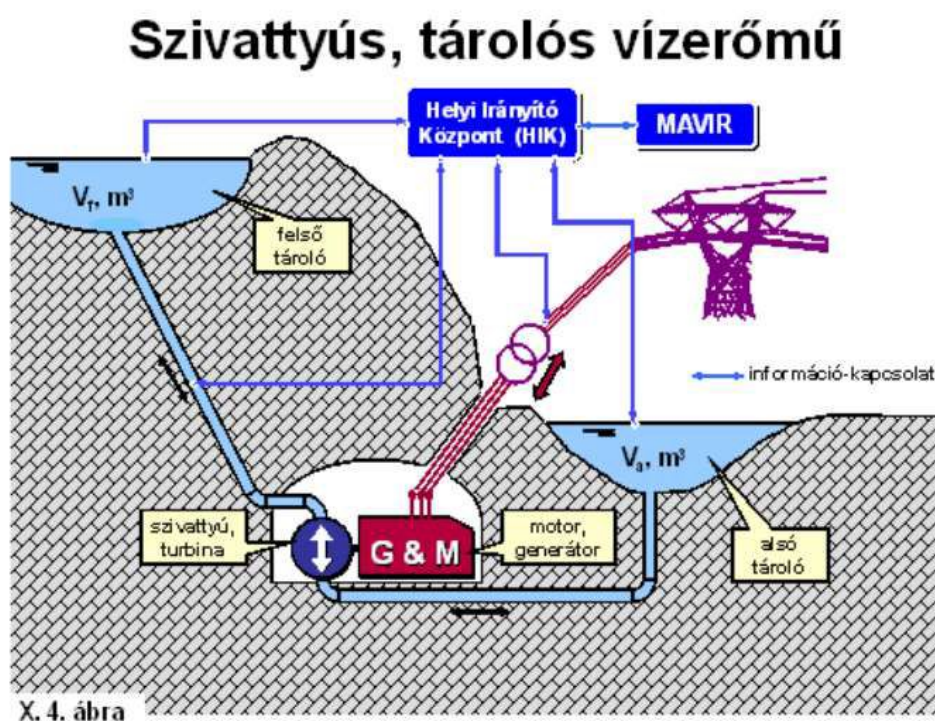
- Szivattyús tározó
- Sűrített levegős tárolás (CAES)
- Lendkerekes tárolás
- Szuperkapacitás
- Szupravezetős mágneses tároló
- Akkumulátor
- Szélerőmű park és hidrogén tároló

b) ismertesse az a) kérdés szerint megadott technológiák előnyeit, hátrányait

Tárolás módja	Előnyei	Hátrányai	Alkalmazhatóság tápellátásban	Alkalmazhatóság energetikai célra
Szuper kapacitás	hosszú élettartam, jó hatásfok	alacsony energiasűrűség	igen	esetleg
Ledkerekes	nagy teljesítmény	alacsony energiasűrűség	igen	ritkán

Savas akkumulátor	olcsó	alacsony élettartam mélykisütéskor	igen	ritkán
Ni-Cd akkumulátor	nagy teljesítmény, jó hatásfok	nincs	igen	esetleg
Li-ion akkumulátor	nagy teljesítmény, jó hatásfok	drága	igen	ritkán
Nátrium-kén akkumulátor	nagy teljesítmény, jó hatásfok	jelenleg még drága	igen	igen
 folyadék akkumulátor	nagy teljesítmény, jó hatásfok	alacsony energiasűrűség	esetleg	igen
sűrített levegős tároló	nagy teljesítmény, alacsony költség	megfelelő geológiai helyszínt igényel	nem	igen
szivattyús tároló	nagy teljesítmény, alacsony költség	megfelelő geológiai helyszínt igényel	nem	igen

c) ismertesse ábra segítségével a szivattyús energiatárolás elvét



A szivattyús tározó energiatárolási elve a potenciális energián alapszik. Előnye a széles teljesítmény és energia spektrum rendelkezésre állása illetve a tárolási idő korlátatlansága. Hátránya, hogy nagy és speciális adottságokkal rendelkező terület szükséges a létesítéséhez mindkét tároló esetén. Felépítése szerint, egy alsó és egy felső tároló többől épül fel. A két tároló közötti szintkülönbséget a névleges esés paraméterrel határozzuk meg, míg a közöttük lévő vízszintes

távolság a tárolók távolsága. Mechanizmusa, hogy a csúcsidőn kívüli megtermelt „felesleges” energia segítségével, vagy a megújuló energiafajtából előállított villamos energia segítségével, vizet szivattyúz egy magasabban elhelyezkedő tárolóba. A tárolás tehát a felpumpált vízmennyiség potenciális energiájában jelenik meg. Az energia visszanyerése a potenciális energia által meghajtott vízturbina révén jön létre, ilyenkor generátorként működik. Általánosságban kijelenthető, hogy mélyvölgy időszakban fogyaszt, azaz energiát tárol el, míg csúcsidőszakban erőműnek felel meg, azaz energiát táplál be a rendszerbe. Tipikus töltési (betárolási) teljesítménye 100-1000 MW, míg kisütése akár 3000MW teljesítménnyel is történhet. Hatásfoka 65-90% közötti, ez függ a méretétől, cső átmérőjétől, tárolók közti szintkülönbségtől és a vízturbina típusától. Indításuk az egyik leggyorsabb (néhány perc) a tárolók között.

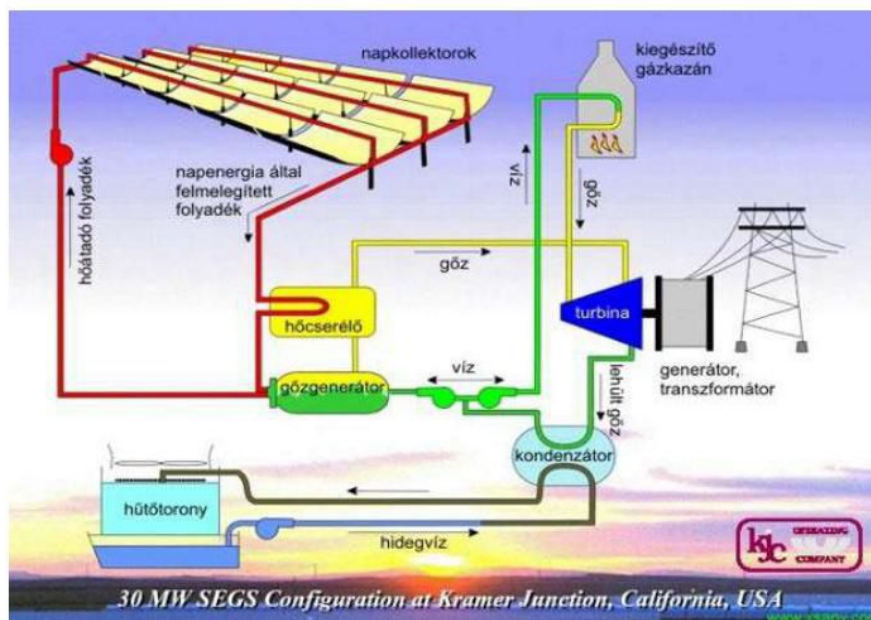
27 Naperőművek

27.1 Naperőművek működése, alaptípusok

a) ismertesse a naphőerőművek működési elvét, adja meg az alaptípusokat

Naphőerőmű: a napkollektorok elvén a Nap infravörös energiáját gőzfejlesztésre használják és ezt turbina-generátor egységgel alakítják elektromos árammá. A napenergia (és/vagy a gázkazán) által megtermelt hő hőcserélőn keresztül szárazgőzt termel, ami a turbinát meghajtja. A turbina megfordítja a hálózatra szinkronizált generátort, ami az áramot termeli. A turbináról a kondenzátorba kerül a gőz, ahol egy hőcserélőn keresztül áramló hűtővíz lehűti. A hűtővíz által felvett hő a hűtőtoronyban kerül leadásra, a kondenzvíz pedig ismét a hőcserélőhöz kerül, ahol vagy a napenergia (és/vagy az elégetett gáz) hőjét veszi fel.

Naphőerőmű elvi sémája



Naphőerőmű típusok -Napteknő (parabolacsatornás) -Naptányér -Naptorony -Napkémény
Napteknő

Parabolavályús elrendezésben egy-egy hosszú, parabola keresztmetszetű tükröző vályú keresztmetszeti fókuszpontjára merőlegesen, a vályú „fókuszvonal”-ában egy cső fut végig, amelyen átvezetik a felfűtendő folyadékot. Egy terület gazdaságos lefedéséhez sok ilyen párhuzamos vályút kell elhelyezni, amelyek keresztmetszeti parabolájának a tengelyét mindig a Nap felé fordítják.

Naptányér

A tányéros elrendezésben a műholdvevőre vagy rádiótávcsőre hasonlító felépítésben a tükröket egy nagy parabolakonzonon helyezik el, amelynek fókuszpontjában van a fűtendő folyadék. A naptányérok napkövető állványzata több, korong alakú tükröt mozgat egyszerre, az egész elrendezés együtt fordul mindig a Nap felé.

Naptorony

A naptorony létrehozásánál napkövető, és nagyfelületű síklap tükröket koncentrikus körökbe telepítenek. Ezek a tükrök a középpontban álló torony tetejére irányítják a visszavert fényt. A toronyban található tartályban levő hőátadó folyadék veszi fel a hőt. A naptoronyban kálium- és nátrium-nitrát sóolvadékot melegítenek a középírányba mutató tükrök, így lehetővé vált az energia tárolása. A sóolvadék hőkapacitása a leghatékonyabb közvetítő anyaggá teszi a masszát. Akár 500 megawattos csúcsteljesítményre is képes a rendszer.

Napkémény

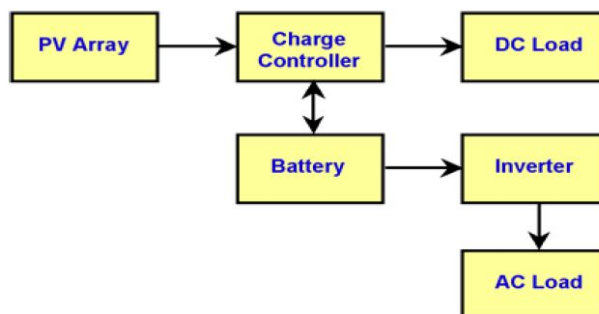
A kéményes vagy léghuzattornyos naperőmű egy kéményből és a lábait körülvevő napkollektorból áll. A napkollektor felmelegíti az alatta levő levegőt, amely beáramlik a kémény lábán levő beömlőnyílásokon, majd feláramlik a toronyban a kéményhatás következtében. A beömlőnyílásokban helyezik el a turbinákat, amelyek az elektromos áramot állítják elő.

b) elvi sémán mutassa be a fotovillamos telepek kialakítását

A Nap elektromágneses sugárzását napelemek segítségével közvetlenül alakítják villamos árammá.

c1) szigetüzemű napelemes rendszer esetére

1. Szigetüzemű napelem rendszerek

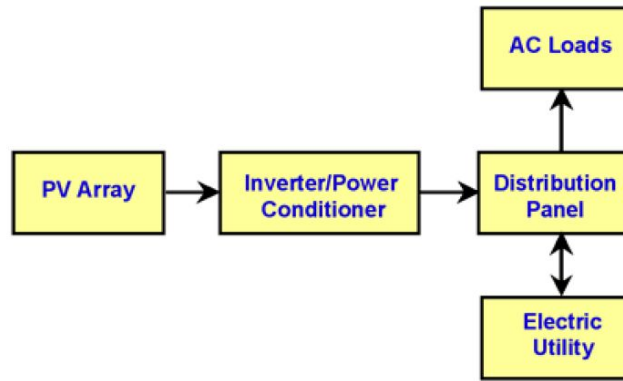


Nincs hálózati kapcsolat:

- Fogyasztó(k) közvetlenül a napelemről ellátva
- Energiatöbblet esetén akkumulátorba is táplálás
- Energiahiány esetén fogyasztó(k) ellátása akkumulátorból is

c2) hálózati üzemű napelemes rendszer esetére

2. Hálózatra visszatápláló napelem rendszerek:



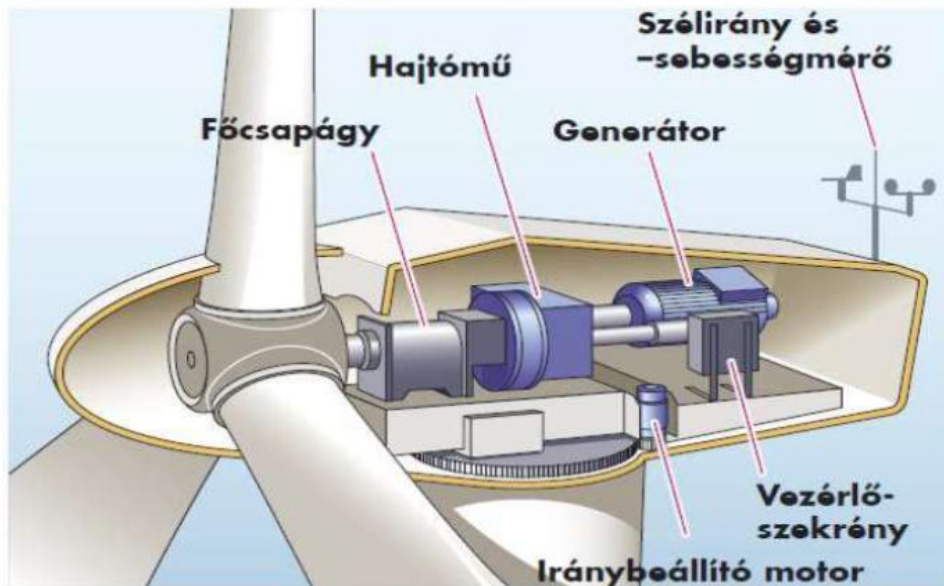
- Hálózat megléte esetén hálózatra kapcsolt konverterként működik
- Hálózatról leválás esetén szigetüzemre képes (akkumulátorral együttműködhet)

28 Szélerőművek, szélerőmű parkok

28.1 Szélerőmű parkok kialakítása üzeme

Ismertetés, magyarázat, ábra:

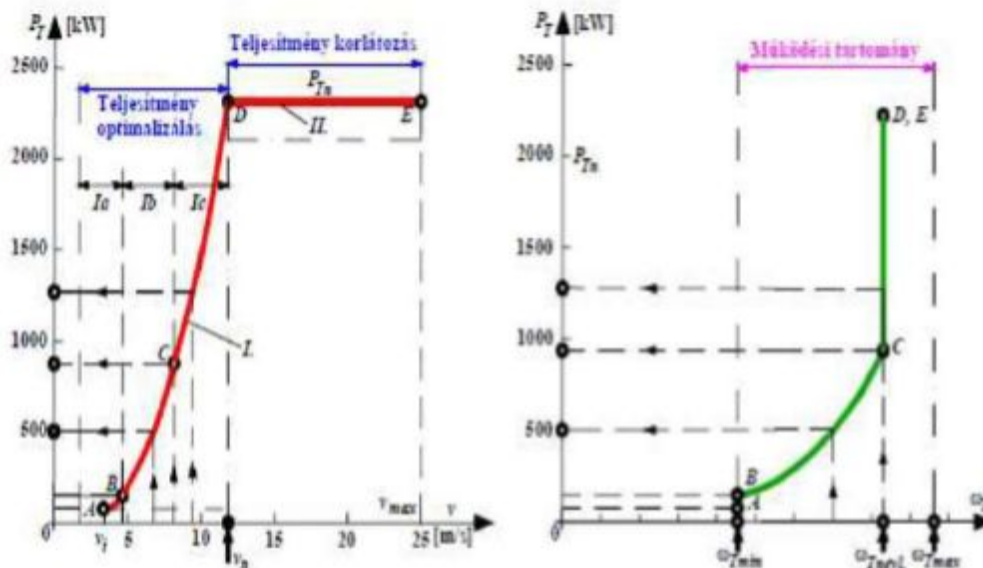
a) ismertesse egy szélerőmű turbina szerkezeti kialakítását elvi ábra segítségével





1	Blades lapátok	9	Anemometer szélességhmérő
2	Rotor forgórész	10	Wind Vane „szélkakas” szélirány
3	Pitch lapát-(hajlás)szög	11	Nacelle gondola
4	Brake fék	12	High-speed shaft nagyford.tengely
5	Low-speed Shaft kistord. tengely	13	Yaw drive gond.forgató áttételhajtás
6	Gear-box sebességváltó, áttétel	14	Yaw motor gondolaforgató motor
7	Generator generátoregység	15	Tower torony
8	Controller (szélirány) szabályozó		

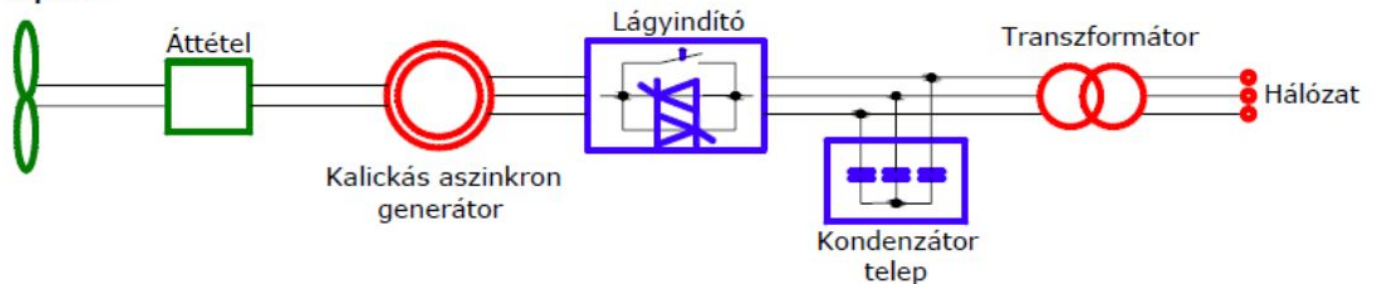
b) ismertesse egy szélérőmű szélesebbég – leadott teljesítmény karakterisztikáját



c) adja meg a szélérőművekben alkalmazott turbina-generátor egység 4 alaptípusát (generátor és a hálózati csatlakozásának villamos kialakítási módja) és magyarázza meg, hogy melyek a jól szabályozható, illetve a nem, vagy nehezen szabályozható típusok

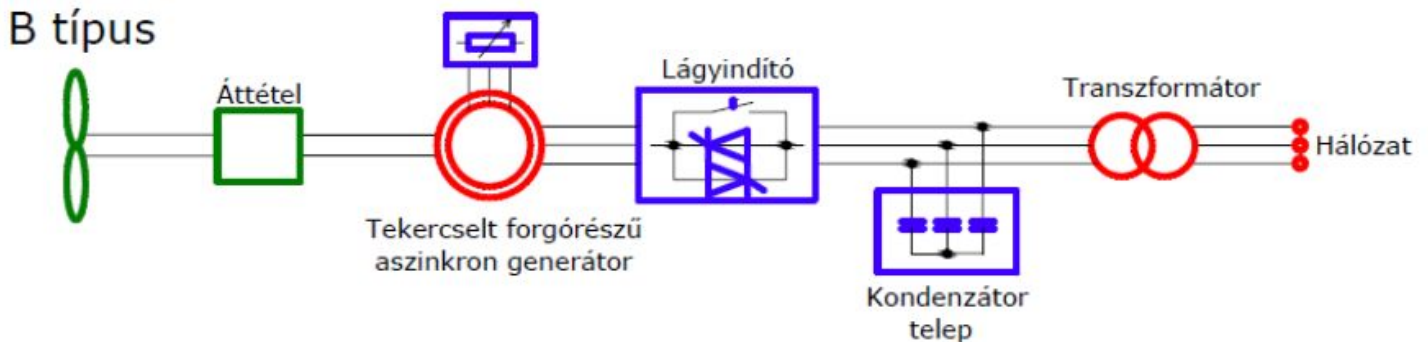
- (A) Kalickás aszinkron generátor
 - hatásos teljesítmény szabályzásra nem alkalmas
 - PT-v jelleggörbéje nem változtatható (fix lapátózású)
 - csak lassú mechanikus lapátszög szabályzás
 - Az ilyen típusú szélérőművek nem, vagy nehezen használhatók folyamatos hatásos vagy meddő teljesítmény szabályozásra

A típus



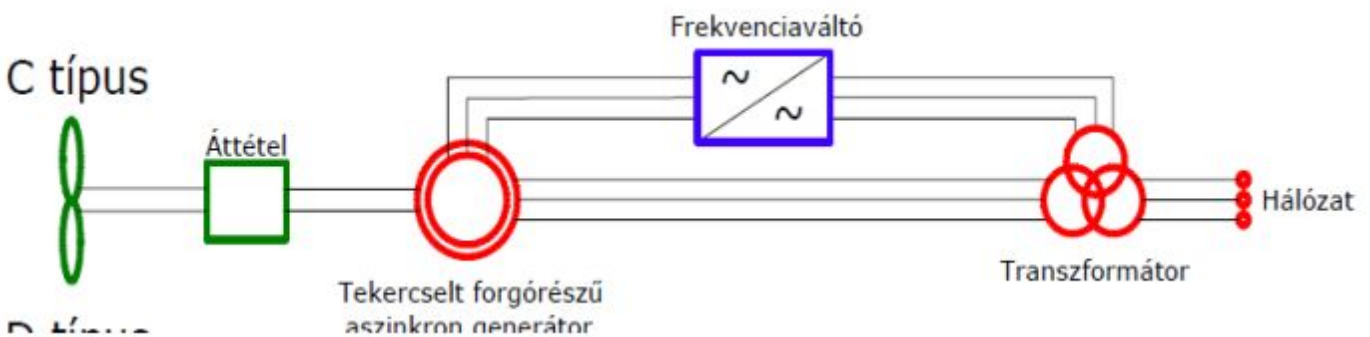
- **(B) Tekercselt forgórészű aszinkron generátor:**

- terheléstől függő meddő teljesítményt igényelnek
- fordulatszám változtatási tartománya szűk (+10%) ami nem alkalmas optimum-beállítására
- Az ilyen típusú szélérőművek nem, vagy nehezen használhatók folyamatos hatásos vagy meddő teljesítmény szabályozásra



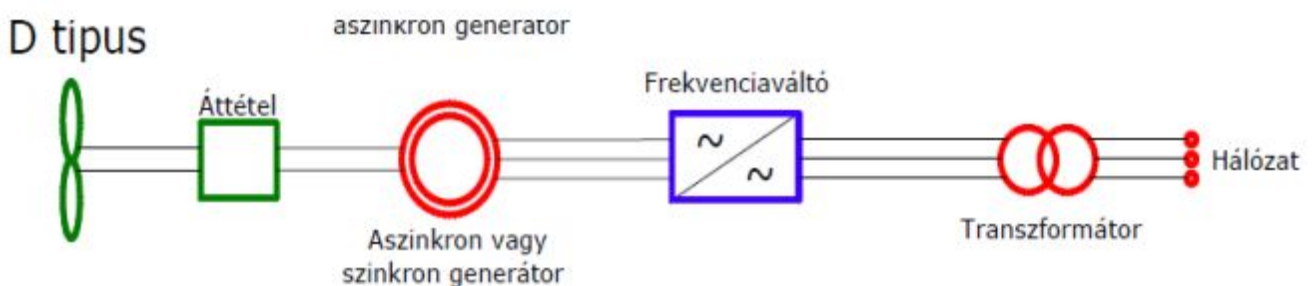
- **(C) Kétoldalról táplált csúszógyűrűs aszinkron generátor**

- Rotorköri frekvenciaváltó általában $\pm 30\%$ -os fordulatszám változtatást tesz lehetővé
- A frekvenciaváltón keresztül hálózatra csatlakozó változtatható fordulatszámú C típusú szélérőművek jól szabályozhatók



- **(D) Állandómágneses (vagy gerjesztett) forgórészű szinkron vagy kalickás forgórészű aszinkron generátor:**

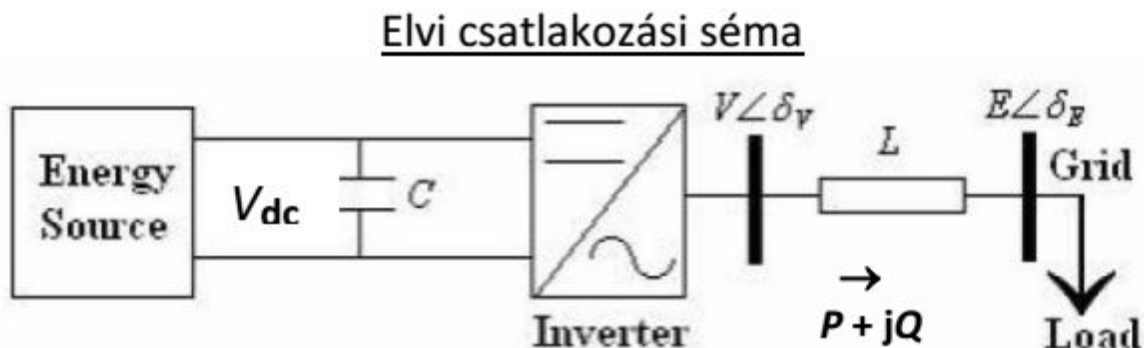
- állórész frekvenciaváltón keresztül csatlakozik a hálózathoz, amely 100%-os fordulatszám változtatást tesz lehetővé
- A frekvenciaváltón keresztül hálózatra csatlakozó változtatható fordulatszámú D típusú szélérőművek jól szabályozhatók.



29 Inverteres AC csatlakozású termelőegységek szabályozása, mikrogridek

Ismertetés, magyarázat, ábra:

a) ISZM-VSI csatlakozáshoz elvi séma

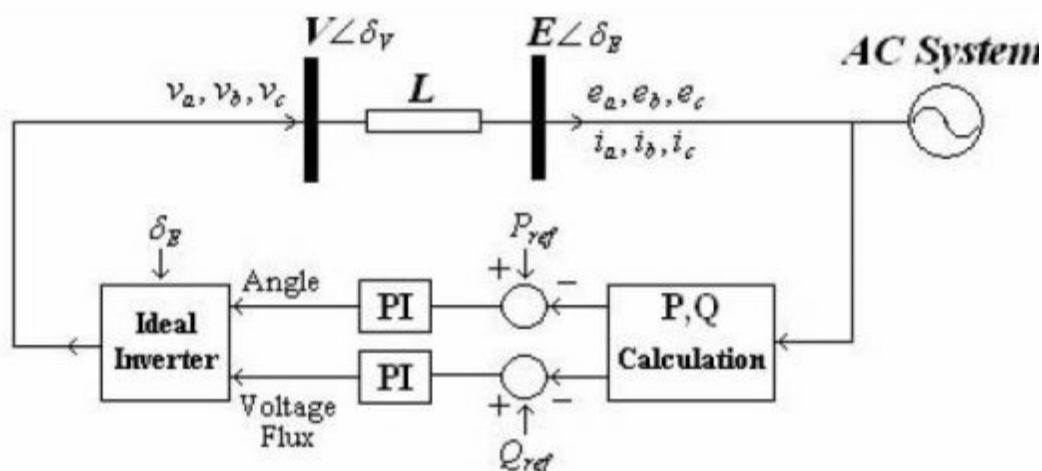


b) csatlakozási üzemmódok és szabályozási lehetőségek egy termelőegység esetén

1. Kapcsolódás erős, nagy teljesítményű AC rendszerhez (hálózati szinkronüzem)
 - a. Szabályozás:
 - i. PQ
 - ii. PV
2. Egy inverteres termelőegység lát el fogyasztót / fogyasztóikörzetet (szigetüzem, nincs hálózati kapcsolat)
 - a. Szabályozás:
 - i. Vf
3. Több, együttműködő inverteres termelőegység lát el fogyasztói körzetet (szigetüzem, nincs kapcsolat erős hálózathoz)
 - a. Szabályozás:
 - i. Vf
 - ii. PQ
 - iii. PV
4. Mikrogrid:több inverteres termelőegység lát el fogyasztói körzetet intelligens szabályozási rendszerben
 - a. Szabályozás:
 - i. MGCC (Micro Grid Central Controller)
 - ii. MC (Microsource controller)
 - iii. LC (Load Controller)

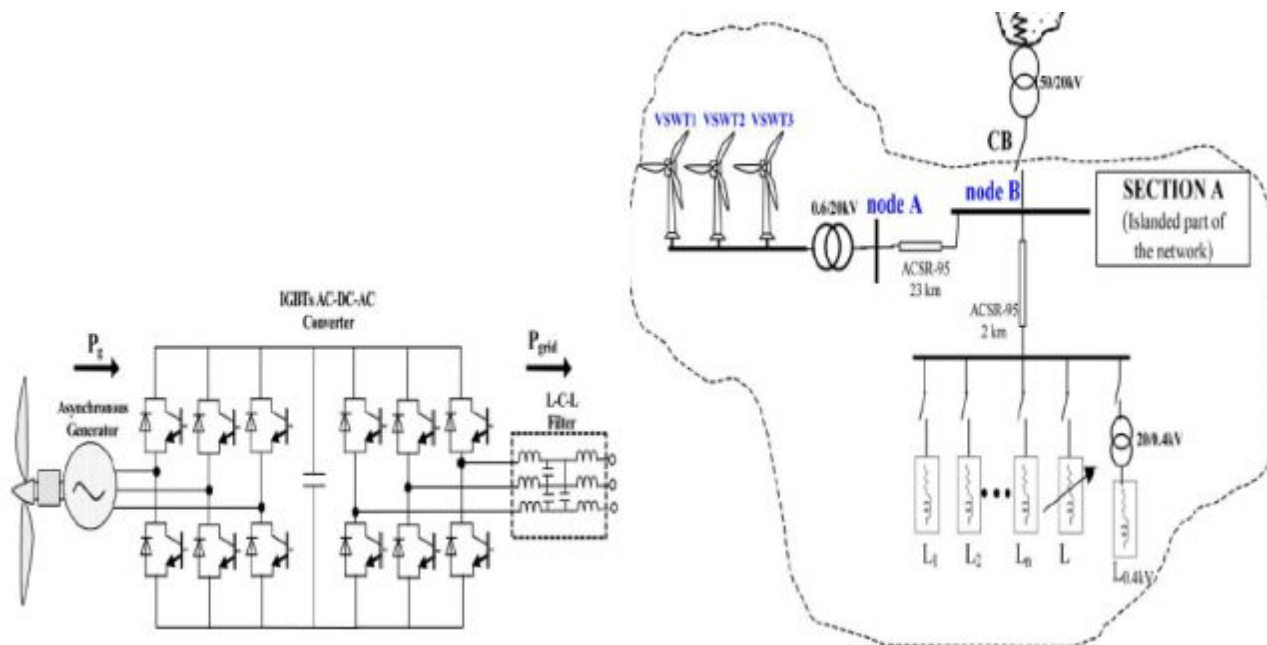
c) több termelőegységes mikrogrid szabályozása

c1) hálózati szinkron üzemben



Erős AC rendszerrel való hálózati szinkron üzemben a hálózati rendszer kényszeríti a frekvenciát (az ω_E gyakorlatilag nem függ ω_V -től). A szabályozás történhet PQ, (vagy az erős AC rendszertől villamosan távolabb PV) alapjel tartó módban, az inverterrel „beállított” V és $\delta_p = \delta_v - \delta_E$ révén. A kívánt P teljesítmény kialakítható a δ_p (illetve a δ_v), a Q teljesítmény a V célirányos változtatásával.

c2) nagy hálózatról levált szigetüzemben



Egy termelőegységnek Vf szabályozási módban a frekvenciát és a feszültséget kell szabályoznia. Hagyományos értelemben ez az egység lesz az ún. hiányerőmű, PgVf és QgVf kiadott teljesítménnyel. A többi egység vonatkozásában az egyik lehetőség, hogy PQ (vagy néhány, a Vf-től és egymástól villamosan távolabbi egységnél PV) szabályozási módot alkalmazunk. A Vf, PQ és PV szabályozású egységek együttesen látják a teljes PF fogyasztói igényt, a szabályozással a

$\sum P_{gi} = P_F$ állapotot az $\omega \approx \omega_n$ frekvencián kell elérni.