

# FENNTARTHATÓ ENERGETIKA VILLAMOS RENDSZEREI

Ellenőrző kérdések kidolgozás – 2019 tavasz

Megoldások a vik.wikis kidolgozásokból és egyéb honlapokról származnak.

## Tartalom

Veszprémi Károly – 2018.03.06.....	4
1. Hálózatoldali aktív áramirányító .....	4
a. Felépítése, működése, tulajdonságai. ....	4
b. Vezérlése (ISZM) .....	4
c. Hálózatorientált áramvektor szabályozása.....	5
2. Kétoldalról táplált aszinkrongép .....	7
a. Felépítése. ....	7
b. Teljesítmények, teljesítmény-áramlás.....	8
c. Tulajdonságai.....	8
d. Alkalmazása szélgenerátorokban. ....	8
e. Vektoros leírása .....	9
f. Állandósult üzeme alapharmonikusokkal.....	10
g. Mezőorientált áramvektor szabályozása.....	11
3. Szinkrongépek kefenélküli gerjesztése .....	11
a. A kétféle megvalósítás, tulajdonságaik, korlátaik.....	11
b. A diódás híd üzemi tartományai, alapösszefüggései. ....	12
c. A kefenélküli forgódiódás gerjesztő optimalizálása. ....	13
4. Az energiarendszerben használható energiatárolási módok .....	14
a. Motiváció, elvárások, elérhető előnyök .....	14
b. Összehasonlítási szempontok.....	14
c. A használható módszerek áttekintése.....	15
5. Az áramirányítós szinkrongép alapjai .....	17
a. Felépítés, kapcsolás, működés. ....	17
b. Teljesítményviszonyok (meddő is).....	18
c. Alapösszefüggések, helyettesítő vázlat, nyomatékképzés. ....	18
d. Önvezérlés, működési tartományok.....	19
e. Gázturbinás szinkrongenerátor egység indítása.....	20
Hunyár Mátyás – 2017.04.17. ....	21
Víz turbinák.....	21
1. Sorolja fel esés magasság szerint a vízerőművek típusait és jellemzőit. ....	21
2. Adja meg a vízerőművekből kivehető teljesítmény képletét. ....	21
3. Rajzolja fel a víz turbinák fordulatszabályozó körének blokkvázlatát, és adja meg e szabályozás feladatát szigetüzemben és hálózati üzemben. ....	21

Szivattyús tározós vízerőmű .....	22
4. Milyen villamos-és vízgépeket lehet (kell) használni 2, 3 és 4 gépes szivattyús-tározós vízerőművekben? .....	22
5. Miért használnak 100 MVA feletti szivattyús-tározós erőművekben csúszógyűrűs aszinkron gépeket? 22	
GRID CODES .....	23
6. Melyek az energia minőségét meghatározó tényezők? .....	23
7. Milyen tényezők okozzák a szélturbinák folyamatos üzemében a flickert? .....	23
8. Rajzolja fel az időjárásfüggő termelő egységek áthidaló képességére vonatkozó ábrát, amely megfelel a MAVIR követelményeinek. ....	24
Göcsei-Cselkó-Németh-Balangó – 2016.05.10.....	24
Feszültség alatti munkavégzés.....	24
1. Ismertesse a FAM elvét, technológiát, munkamódszereit, a betartandó távolságokat! .....	24
2. Ismertesse a FAM műszaki és gazdasági előnyeit és hátrányait! .....	25
3. Melyek a FAM főbb dokumentumai és azok miket tartalmaznak?! Mi a különleges üzemviteli állapot, mikor és miért kell alkalmazni? .....	26
4. Ismertesse egy Ön által kiválasztott FAM eszköz vizsgálati eljárását! .....	27
5. Ismertesse a szakszemélyzetet érő erőtereket és az ellenük való védekezési módokat! .....	28
Dinamikus távvezeték terhelhetőség .....	28
1. Ismertesse a távvezetékek terhelhetőségének meghatározási elvét!.....	28
2. Milyen átviteli kapacitásnövelési lehetőségeket lehet felsorakoztatni távvezetékek esetén? .....	29
3. Mutassa be a távvezetékek dinamikus terhelhetőségének számítását végző rendszer felépítését! ..	29
Az öregedésmenedzsment alapjai, hálózati elemek állapotának ellenőrzése, minősítése .....	29
1. Hogyan kell hozzájárulnia az eszközszintnek a jövő villamosenergia hálózatával kapcsolatos elvárásokhoz? .....	29
2. Mi az asset management célja és milyen beavatkozásokról, stratégiákról dönt? Milyen eszköz fenntartási stratégiák lehetségesek? Hogyan alkalmazzuk az eszközökről rendelkezésre álló diagnosztikai információkat? .....	29
3. Hogyan lehet alkalmazni a statisztikai hibaelemzést? Milyen lépései, módszerei és nehézségei vannak? .....	30
4. Melyek az online diagnosztika előnyei és hátrányai? .....	31
5. Melyek a kábeleken alkalmazható főbb diagnosztikai módszerek? Mi a specialitása kábeleknek diagnosztika szempontjából? Milyen módszereket alkalmaznak kábeldiagnosztikára? .....	31
6. Soroljon fel transzformátor diagnosztikai eljárásokat! Ismertesse a transzformátor hibagáz analízis elvét, kivitelezését és a kimutatható hibákat! Soroljon fel néhány jellemző hibagázt! .....	32
Diagnosztikai esettanulmányok .....	33
1. Ismertesse a nagytranszformátor főbb részeit, lehetséges meghibásodásukat! .....	33
2. Ismertesse a transzformátor korrozív kén problémakört! Ismertesse milyen eljárással lehetséges a problémakör diagnosztizálása és megszüntetése! .....	33
3. Milyen transzformátor meghibásodási módokat ismer, ismertesse a karbantartási technológiákat! Sorolja fel mik az előnyei és hátrányai a helyszíni és a gyári javításnak, karbantartásnak! .....	34

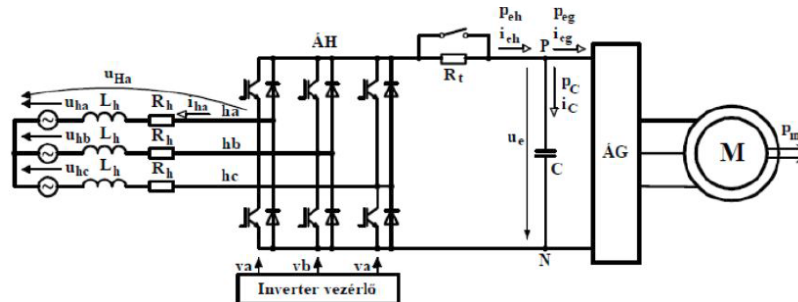
4. Ismertesse az átvezető szigetelő felépítését, alkalmazható diagnosztikai eljárásokat és meghibásodási lehetőségeket!..... 34
5. Ismertesse a távvezeték hálózat felépítését, meghibásodási lehetőségeit! ..... 34

Veszprémi Károly – 2018.03.06.

1. Hálózatoldali aktív áramirányító

a. Felépítése, működése, tulajdonságai.

- Feszültséginverter kapcsolású hálózati áramirányító



- 
- ÁH feszültséginverter
  - erősáramú szűrőkön keresztül csatlakozik a hálózathoz
- Veszteségmentes energiaáramlást feltételezünk
  - $P_{h1} = \frac{3}{2} U_h I_{h1} \cos \varphi_{h1} = P_e = U_e I_{ek} = P_m = M_k W$
  - $U_h$  = szinuszos hálózati fázisfeszültség csúcsértéke
  - $I_{h1}$  = az alapharmonikus hálózati áram csúcsértéke
  - $U_e$  = sima egyenfeszültség
  - $I_{ek} = I_{eh} = I_{eg}$  = az egyenáram középértéke
  - $M_k$  = nyomaték középértéke
  - $W$  = állandó szögsebesség
- Motoros hajtáskor
  - $P_m > 0$
  - $I_{ek} > 0$ 
    - az egyenáram középértéke és
    - $I_{h1p} = I_{h1} \cdot \cosh 1 > 0$  hálózati áram wattos összetevője
- Generátoros fékezéskor
  - $P_m < 0$
  - $I_{ek} < 0$
  - $I_{h1p} < 0$
- Legkisebb  $I_{h1}$  hálózati áram, ha
  - $\cos \varphi_{h1} = \pm 1$  a fázistényező.

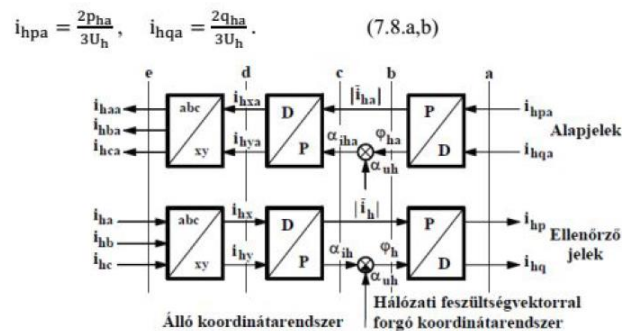
b. Vezérlése (ISZM)

- ISZM = impulzus szélesség moduláció
- Szabályozás alapfeladat:
  - $u_e$  egyenfeszültség szabályozása
- Cél:
  - $u_e = U_e = \text{const.}$
  - $du_e/dt = 0$
  - $p_c = 0$  (ami  $p_{eh} = p_{eg}$ -vel biztosítható)

- peh hálózatoldali és peg gépoldali egyenköri teljesítmény lüktet:
  - így az egyenköri teljesítmény egyensúly pontosan csak középtételekre biztosítható:
    - $peh = pegk$
    - $pec = 0$
- Eszerint a cél megvalósítható
  - egyenfeszültség szabályozásnak alárendelt ph hálózati teljesítmény szabályozással
- Ideális hálózatot feltételezve
  - a ph teljesítmény szabályozás visszavezethető
  - ih hálózati áramvektor szabályozásra.

c. Hálózatorientált áramvektor szabályozása

i. A szabályozás koordináta rendszerei, megvalósítási formái.

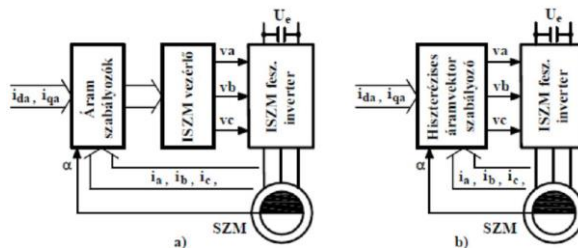


7.5. ábra: Koordináta transzformációs lánc.

- a metszet: hálózati feszültségvektorral forgó kr. Descartes koordináták
- b metszet: hálózati feszültségvektorral forgó kr. polár koordináták
- c metszet: álló kr. polár koordináták
- d metszet: álló kr. Descartes koordináták
- e metszet: álló kr. fázismennyiségek
- Gyakorlatban a-t és e-t használják.

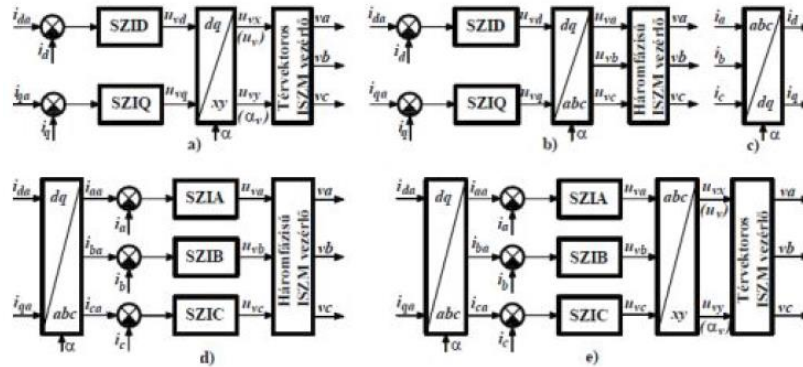
- Csak a esetben – két trafó
- Csak e esetben – egy trafó

ii. Az áramvektor szabályozás két alaptípusa.



- Kétféle áramvektor szabályozás:
  - ISZM vezérlős
  - hiszterézises
- ISZM vezérlős
  - áramvektor szabályozáshoz ISZM feszinverter
    - ISZM vezérlő és

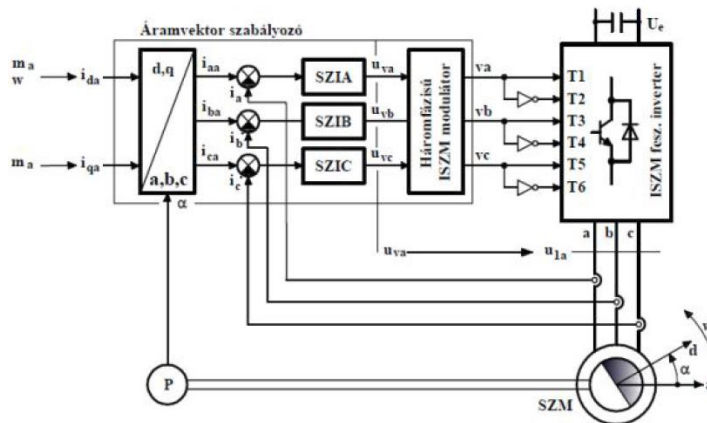
- áramszabályozó
  - közvetett beavatkozás
  - Hiszterézises áramvektor szabályozók
    - közvetlenül vezérik az ISZM feszültséginvertert
- iii. ISZM vezérlős áramvektor szabályozások



4.12. ábra: ISZM vezérlős áramvektor szabályozások blokkvázatai.

- a,b,c. Szabályozók dq koordinátákban, d,e. Szabályozók abc koordinátákban.
  - ISZM áramvektor szabályozásnak több változata létezik, attól függően, hogy:
    - az  $i$  áramvektor milyen koordinátarendszerbeli komponensei a szabályozott jellemzők és
    - hogy milyen bemenő jelekkel működik az ISZM vezérlő
  - Ha SZI áramszabályozók a dq komponenseket szabályozzák:
    - akkor az a és b ábrák
  - Ha SZI áramszabályozók a abc komponenseket szabályozzák:
    - akkora a d és e ábrák.
  - Az SZI áramszabályozók a gyakorlatban PI típusúak.
- iv. Térvektoros ISZM
- c ábra az  $i_d$  és  $i_q$  komponensek előállítását szemlélteti
  - $v$  indexű vezérlőjelek:
    - a és e ábrákban:
      - térvektoros ISZM vezérlőt működtetnek
    - b és d ábrákban
      - háromfázisú ISZM vezérlőt működtetnek
  - Minden esetben szükséges a koordináta transzformáció

v. Áramvektor szabályozás abc fázismennyiségekkel, 3 fázisú ISZM modulátorral.



- 
- SZIA, SZIB és SZIC általában PI típusú fázis áramszabályozók kimenő jelei
  - $u_{va}$ ,  $u_{vb}$  és  $u_{vc}$  fázis vezérlő jelek
  - (moduláló jelek)
- Ezekből állít elő a háromfázisú ISZM modulátor a kétszintű
  - $v_a$ ,  $v_b$ ,  $v_c$  inverter vezérlő jeleket
- A háromfázisú ISZM modulátor
  - 3 db egyfázisú ISZM modulátorból áll
  - de a modulátorok u háromszög jele (vivő jel) közös

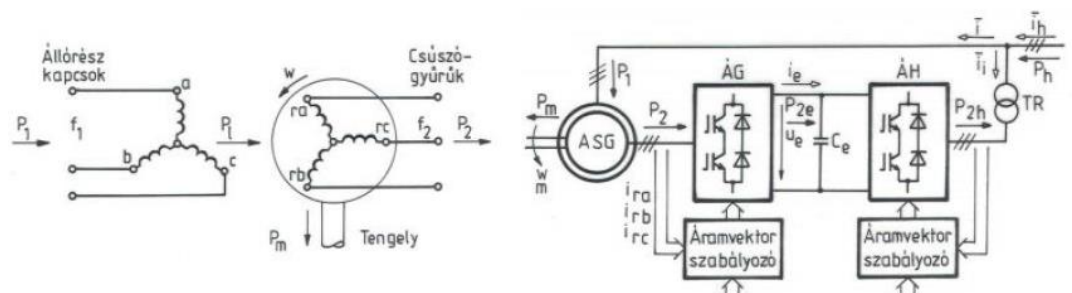
vi. Járulékos szolgáltatások (kompenzálások)

- Feszültséginverter kapcsolású hálózati áramirányítóval rendelkező villamos hajtások:
  - alapfeladatokon kívül hatásos teljesítmény nem igénylő járulékos feladatokra is képesek
    - Meddő kompenzálás
    - Aszimmetria kompenzálás
    - Felharmonikus kompenzálás
  - Szélgenerátor szélcsendes időben is el tudják látni
- ÁH hálózati áramirányító és a C egyenköri kondenzátor méretezését befolyásolják

## 2. Kétoldalról táplált aszinkrongép

a. Felépítése.

- Háromfázisú tekercselt forgórészű, csúszógyűrűs aszinkrongép és feszültséginverteres táplálás



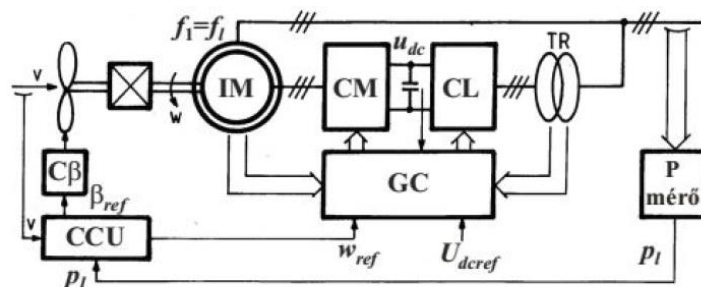
- 
- Kétoldalról táplált:
  - Állórész:

- közvetlenül a hálózatra kapcsolják
  - Forgórész:
    - Közbülső egyenáramú körös feszültséginverter csatlakozik
  - ÁG és ÁH oldali áramirányító
    - kétszintű feszültséginverter
- b. Teljesítmények, teljesítmény-áramlás
- Veszteségektől eltekintve:
 
$$P_r = MW_r = P_2 = P_{2e} = U_e I_{ek} = P_{2h} ,$$

$$P_h = P_1 - P_{2h} = MW_1 - MW_r = MW = P_m .$$
  - 
  - A teljesítmény áramlási irányok a  $W_r$  és  $M$  függvényei
  - Kétirányú teljesítmény áramlás
    - $P_2 > 0$  és  $P_2 < 0$
    - mivel:
      - $U_e = \text{const} > 0$ ,
      - de  $I_{ek} > 0$  és  $I_{ek} < 0$  is lehet
  - Plusz teljesítmény ( $P_2$ ) betáplálás
    - Szinkron fordulatszám feletti hajtáshoz
    - Szinkron fordulatszám alatti fékezéshez
  - Plusz teljesítményt kivétel
    - Szinkron fordulatszám alatti hajtáshoz
    - Szinkron fordulatszám feletti fékezéshez
- c. Tulajdonságai
- Kétoldalról táplált csúszógyűrűs aszinkron szélgenerátort
    - nagy teljesítményeken
    - gyakran használják, mert:
  - $P_2 = sP_1$  teljesítmény áramlik át az áramirányítókon
  - A sebesség változtatások tartománya  $\pm 33\%$  a szinkronpont körül
    - az áramirányítók típus teljesítménye:  $P_n/3$
  - CL áramvektor szabályozása:
    - szinuszos,
    - egységnyi teljesítmény tényezőjű
    - hálózati áram.
  - CM áramvektor szabályozása:
    - egységnyi teljesítmény tényezőjű
    - állórész áram.
  - Eredő hálózati áram akár kapacitív is lehet
  - Motoros hajtás és generátoros fékezés is lehetséges.
- d. Alkalmazása szélgenerátorokban.
- Kétoldalról táplált generátorok a nagy teljesítményű változtatható fordulatszámú szélerőművekben
    - kísérleti jelleggel:
      - kefenélküli



- két oldalról táplált
- háromfázisú gépeket alkalmaznak
- elsősorban:
  - csúszógyűrűs
  - háromfázisú
  - aszinkrongép
- Csúszógyűrűs aszinkrongép, mezőorientált áramvektor szabályozás
  - Állórész közvetlenül a hálózaton
  - Forgórész frekvenciaváltón keresztül a hálózatra
  - Szögsebesség változtatás szokásos tartománya
    - 33%
    - a szinkron szögsebességre vonatkoztatva.
- Pnév/3 típusjelítésű forgóköri frekvenciaváltót igényel, mert
  - $-1/3 \leq S \leq 1/3$  szliptartománynak megfelelő
  - Ez komoly előny az egyoldalú tápláláshoz képest
- Motor és generátoros üzem is lehetséges
  - Üzemi fordulatszám tartományon belül
  - mivel a CM és CL áramirányítók kétirányú teljesítményáramlásra képesek



2.4.1. ábra. A kétoldalról táplált aszinkron szélgenerátor blokkvázlata.

e. Vektoros leírása

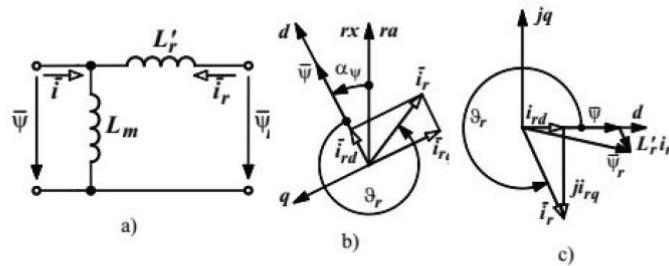
- Állórész tekercs fluxus

$$\bar{\psi} = \bar{\Psi} e^{j\omega_\ell t}, \quad \bar{\Psi} = \bar{U}_\ell / (j\omega_\ell).$$

- 
- Ha ideális hálózati feszültség:

$$\bar{u} = \bar{u}_\ell = \bar{U}_\ell e^{j\omega_\ell t}, \text{ és}$$

- az állórész tekercs R ellenállását elhanyagoljuk
- az állórész feszültséggenerátoros táplálása gyakorlatilag megszabja
- A CM gépdoldali feszültség inverterrel
  - közvetlenül a forgó ir árama
  - közvetetten az állórész i árama szabályozható.
- A forgórész ir áramvektorát
  - a  $\Psi$  állórész fluxusvektor mezőhöz
  - orientáltan célszerű szabályozni
  - (ez van kényszerítve)

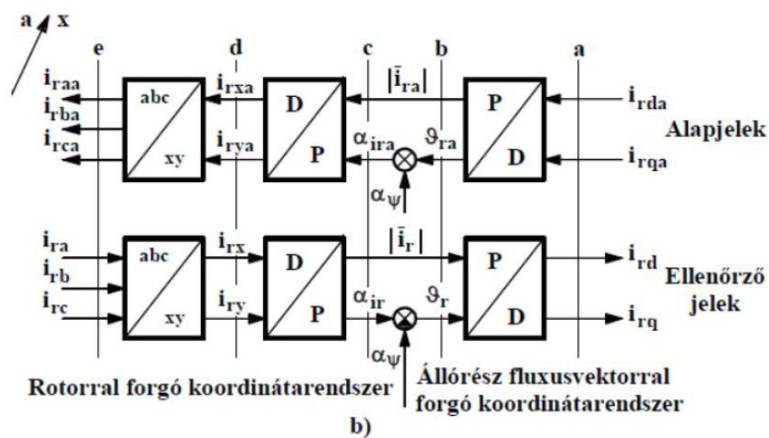


2.1.4. ábra. Csúszógyűrűs forgórészű, kétoldalról táplált aszinkrongép.  
 a) Helyettesítő vázlat (redukált), b) Vektorábra forgórész koordinátarendszerben,  
 c) Vektorábra mező koordinátarendszerben.

f. Állandósult üzeme alapharmonikusokkal

- Kétoldalról táplált gép tulajdonságai
  - alapharmonikusokkal,
  - állandósult üzemben vizsgáljuk.
  - ekkor d-q mező koordinátarendszerben álló vektorokat kapunk
- Az állórész  $\bar{\Psi}_1$  fluxusvektora és  $\bar{U}_1$  feszültségvektora  $R=0$  közelítéssel:
  - $\bar{\Psi}_1 = \Psi = U_\ell / \omega_\ell$ ,  $\bar{U}_1 = jU_\ell$ .
- Az állórész és a forgórész áramvektorok:
  - $\bar{I}_1 = I_{1d} + jI_{1q} = I_1 e^{j\vartheta_1}$ ,  $\bar{I}_{r1} = I_{r1d} + jI_{r1q} = I_{r1} e^{j\vartheta_{r1}}$ .
- Az áramvektort az  $\bar{I}_{m1} = \bar{I}_1 + \bar{I}_{r1} = \Psi / L_m$  csomóponti egyenletből kifejezve:
  - $\bar{I}_1 = \bar{I}_{m1} - \bar{I}_{r1} = \Psi / L_m - I_{r1} e^{j\vartheta_{r1}}$ .
- A  $\Psi = \text{const.}$  és az  $I_{r1} = \text{const.}$  feltételezéssel kapott
  - $\bar{I}_1$  áramvektor diagram körpályát ír le
  - $\vartheta_{r1}$  változtatásakor.
- A K jelű kör középpontját az
  - $\bar{I}_{m1} = \Psi / L_m$  mágneses áramvektor határozza meg,
  - sugara a  $I_{r1}$  amplitúdója
- A forgórész fluxusvektor
  - $\bar{\Psi}_{r1}$  komplex amplitúdója is
  - körpályán mozog ugyanekkor:
    - $\bar{\Psi}_{r1} = \bar{\Psi}_1 + L_r' \bar{I}_{r1} = \Psi + L_r' I_{r1} e^{j\vartheta_{r1}}$
- A K' jelű kör
  - középpontja  $\bar{\Psi}_1$
  - sugara  $L_r' I_{r1}$
- Az  $\bar{I}_1$  állórész áram K jelű áramvektor diagramja
  - a hengeres forgórészű szinkrongép
  - állandó gerjesztés melletti
  - áramvektor diagramjához hasonló,

- az  $\vec{I}_{ra}$  forgórész áram veszi át a gerjesztőáram szerepét.
- g. Mezőorientált áramvektor szabályozása
- vii. A szabályozás koordináta rendszerei, megvalósítási formái

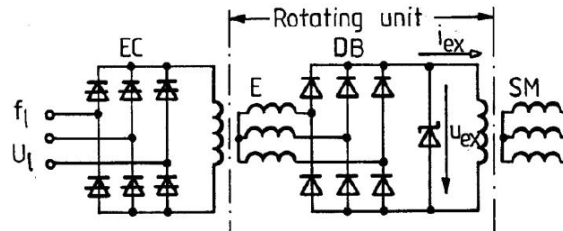


- A koordináta transzformációs lánc
    - a,b,c,d,e metszeteinek megfelelően
    - kétféle koordinátarendszerben
    - ötféle koordinátával lehetséges az áramvektor szabályozás:
      - i. a metszet: állórészmezővel forgó kr. Descartes koordináták,
      - ii. b metszet: állórészmezővel forgó kr. polár koordináták
      - iii. c metszet: rotorral forgó kr. polár koordináták
      - iv. d metszet: rotorral forgó kr. Descartes koordináták,
      - v. e metszet: rotorral forgó kr. fázismennyiségek
- viii. Az állórész fluxus lüktetése
- Kétoldalról táplált aszinkrongép esetén
    - az állórész fluxus amplitúdójának nem csillapodó,
    - sőt erősödő lengése mutatkozik.
  - A jelenség fizikai oka – A kétoldalról táplált kétoldali kényszert jelent, ami okozza a lüktetést:
    - Állórészen:
      - i. állandó hálózati feszültség jelent egy kényszert
    - Forgórészen:
      - i. gyors áram szabályozások áramkényszert jelentenek
    - Kalickás forgórészű aszinkrongépnél
      - i. nincs kettős kényszer,
      - ii. ezért nem lüktet a szabályozott rotor fluxus amplitúdója
      - iii. Itt a rövidrezárt forgórész csillapító hatása is érvényesül
        1. Ez elveszik a forgórész áramgenerátoros táplálásával,
        2. ami fizikailag szakadt forgórészszel egyenértékű

### 3. Szinkrongépek kefenélküli gerjesztése

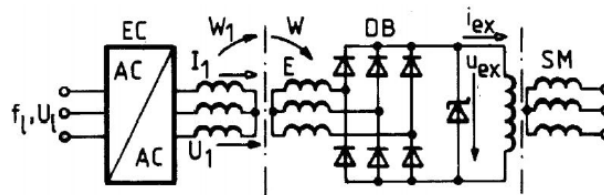
- a. A kétféle megvalósítás, tulajdonságaik, korlátaik
- Kifordított szinkrongenerátor:

- Mindkét esetben
  - az E gerjesztő-gép háromfázisú forgórészéhez csatlakozó
  - DB diódás egyenirányító gerjeszti
  - az SM szinkrongépet
  - A diódáshídból adódóan jellemző, hogy forszírozni csak a
    - i. gerjesztő-áram növekedését lehet ( $U_{ex}$  növelésével)
    - ii. csökkenésével nem (a diódás híd miatt)
- Kefenélküli forgódiódás elrendezés



1.4.1. ábra. Forgódiódás szinkrongenerátor.

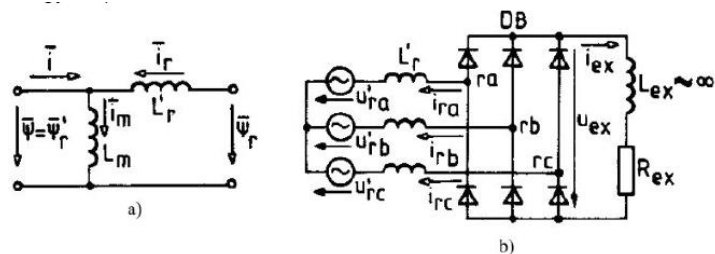
- Mivel a DB diódás híd együtt forog a szinkrongép forgórészével
  - i. így a gerjesztő-tekerccsel közvetlenül
  - ii. csúszógyűrűk nélkül összeköthető
- Forgótranszformátort (tekerccselt forgórészű aszinkrongép)



1.4.2. ábra. Forgódiódás forgótranszformátor.

- egy háromfázisú szaggató táplálja
    - i. felépíthető tirisztor párokból
    - ii. vagy IGBT tranzisztorokból
  - Gerjesztő áramot megszabja
    - i. a szaggató kimeneti feszültségének
    - ii.  $U_1$  alapharmonikusa
  - Alapharmonikus változtatása:
    - i. tirisztoros szaggatónál:
      1.  $f=50$  Hz frekvenciájú gyújtásvezérléssel
    - ii. tranzisztorosnál
      1. nagyfrekvenciás ISZM vezérléssel
- b. A diódás híd üzemi tartományai, alapösszefüggései.
- Az  $U_1$  feszültség
    - a gerjesztő-gép  $f_1=f$  frekvenciájú
    - illetve a  $w_1=2\pi f_1$  körfrekvenciájú tápfeszültség alapharmonikusának amplitudója.
  - $W_1=w_1/p$  a mező szög-sebessége a  $p$  póluspárú gerjesztő-gépben
  - $W$  közös szögsebesség:
    - szinkrongép és a

- gerjesztő-gép forgórészének
- $S (W1 W) / 1$  a gerjesztő-gép szlipje
- Gerjesztő-gép állórész ellenállását elhanyagolva
  - a kapocsfeszültség = indukált feszültség:  $U_1 = U_{i1} = \omega_1 \Psi_1$ .
- Ha az alapharmonikus állórész feszültség  $U_1 = \text{állandó}$ ,
  - akkor az E gerjesztő-gépben  $\Psi_1 = U_1 / \omega_1 = \text{állandó}$  az állórész tekercsfluxus
  - illetve állandó a  $\Psi'_r = \acute{a} \Psi_1$  rotorköri tranziens tekercsfluxus alapharmonikusa.
  - Ez a fluxus a gerjesztő-gép háromfázisú forgórészében
    - álló állapotban
      - i.  $U_{ro} = \omega_1 \Psi'_r = \acute{a} U_{i1}$  amplitúdójú és
      - ii.  $f_1$  frekvenciájú,
    - forgó állapotban
      - i.  $U'_r = \omega_r \Psi'_r = S \acute{a} U_{i1} = S U_{ro}$  amplitúdójú és
      - ii.  $r = S \cdot 1$  körfrekvenciájú
    - ... alapharmonikus feszültséget indukál.
- Követzőekben  $\omega_r = S \omega_1$ -gyel számolunk
  - ekkor a gerjesztő-gép rotorra redukált fluxusos,
  - Park-vektoros helyettesítő vázlatát az alábbi ábra mutatja:



1.4.3. ábra. Forgótranszformátoros gerjesztő helyettesítő vázlatai: a) gerjesztőgép fluxusos helyettesítő vázlat, b) gerjesztő egység helyettesítő vázlat.

c. A kefenélküli forgódiódás gerjesztő optimalizálása.

- ix. A szlip hatás a munkapontra
- Szlip változás eredményei
    - diódás híd tápláló feszültségének változása
    - diódás híd tápláló frekvenciájának változása
  - Alapegyenleteket kiegészítjük
    - az egyenköri (gerjesztő-köri) teljesítmény kifejezésével
    - mert az optimalizálás tárgya a teljesítmény kihasználtság lesz
  - $P_{ex}$  gerjesztő-tejesítmény állandósult állaptnban
    - feszültség és az áram középértékeként számítható:

$$P_{ex} = U_{ex} I_{ex} = \frac{3}{\pi} S P_{exo} \sin \delta \sin(2\alpha + \delta); \quad P_{exo} = \frac{3}{4} \frac{U_{ro}^2}{\omega_1 L'_r}$$

- Adott  $R_{ex} = \text{const.}$ -nál

- az S szlip egyértelműen megszabja
  - az alfa+béta kialakítási szöveget
  - Köztük monoton kapcsolat van
    - i. Legnagyobb szlipnél a legnagyobb a kialakítási szög
    - ii. Legkisebb szlipnél a legkisebb a kialakítási szög
- x. Optimalizálás egy adott szlipre
- Csak egy adott szlipre érhető el optimum ( $S_i$ )
  - Gerjesztő köri ellenállást ideálisnak kell választani:
    - $R_{ex} = S_i \frac{3\sqrt{3}}{\pi} \omega_1 L'_r$
  - Ez az illesztési szabály
    - a szinkrongép gerjesztő-körének és
    - a gerjesztő-gép
    - komplex tervezésével betartható.
  - Az optimalizált munkapont mennyiségei az alábbi helyettesítésekkel kiszámolható
    - $(U_{exi}, I_{exi}, P_{exi}) \quad \alpha=15^\circ \text{ és } \kappa=\alpha+\delta=75^\circ$

#### 4. Az energiarendszerben használható energiatárolási módok

- a. Motiváció, elvárások, elérhető előnyök
- Motiváció, előnyök
    - az energiatermelés és az energiafogyasztás szétcsatolás
    - több lehetőség a megújuló energiaforrások alkalmazása
      - különösen a szélenergia felhasználásnál
    - energiarendszer nagyobb teljesítmény egyensúlya
      - támogatást és lökést adna
  - Elvárások:
    - alacsony költségek:
      - beruházás
      - üzemeltetés
      - karbantartás
    - magas eredő hatásfok
    - felügyelet nélküliség
    - üzembiztonság
    - alacsony vagy 0 környezeti hatás
- b. Összehasonlítási szempontok
- Fajlagos ár
    - teljesítményre
    - energiára
  - Eredő hatásfok
    - energiatárolás-energiavisszanyerés folyamatának minden lépcsőjét elemezni
    - (kisülési hatásfok, tárolási hatásfok, veszteség stb.)
  - Tárolási időtartam
    - technológia megköti

- átfogandó spektrum pedig igényli
  - Teljesítménytárolás
    - függ a tárolási technológiától
  - Fajlagos értéket kifejező energiasűrűség
    - rendszer méretének jellemzésére
  - Rendszer élettartama
    - töltési kisütési ciklusok számát
    - években kifejezhető élettartam
- c. A használható módszerek áttekintése.
- xi. Lendítőkerék
- Felpörgetés – kisülés
  - Villamos gép + kétirányú teljesítmény elektronika
  - Eredő AC-AC hatásfok 80-85 %
  - Előnyök:
    - Elterjedt, főként kisebb teljesítményen (1kW, 3h / 100kW, 30s)
    - Nagy ciklusélettartam
    - Kis méret
    - Környezetkímélő
    - Kis karbantartási igény
    - Alacsony megsemmisítési költség élettartam végén
  - Hátrányok:
    - Nagyobb teljesítmény még fejlesztés alatt
    - Nagy energiájú forgó tömeg veszélyes lehet
- xii. Szivattyús tározók
- Víz szivattyúzás – turbinát hajt, visszanyerés
  - Eredő hatásfok: 70-80 %
  - Előnyök:
    - Széles körben használt
    - Kiforrott, kidolgozott technológia
    - Széles teljesítmény és energia spektrum
    - Tárolási idő nem korlátozott
  - Hátrányok:
    - Jelentős környezeti hatás
    - Speciális adottságok kellene a telepítéshez
    - Természetvédők ellenállása
    - Ez ellen védekezni (földalatti tároló) megnöveli a költséget
- xiii. Levegő sűrítés
- Levegő sűrítése – generátoron keresztül kiengedjük
  - Eredő hatásfok: 85%
  - Előnyök:
    - Használt, kidolgozott technológia
    - Széles teljesítmény és energia spektrum
    - Tárolási idő nem korlátozott
  - Hátrányok:
    - Nagy tőkeigény
    - Hosszú kialakítási idő

- xiv. Szupravezetős mágneses energiatárolás
  - Egyenáramot az elektromágneses szupravezető tekercsbe –
  - Tárolás a mágneses mezőben, toroid és szolenoid kialakítás
  - Eredő hatásfok: 21%
  - Előnyök:
    - Gyors átkapcsolás betáplálás és kivétel között
    - Rövid idő alatt nagy energia szabadítható fel
    - Kiforrott technológia
  - Hátrányok:
    - Rövid idejű tárolásra-kisütésre
    - Hosszú időre, jelentős méretnövekedés
  
- xv. Akkumulátor
  - Elektrokémiai elv
  - Hagyományos akkumulátor fajták:
    - Savas ólomakkumulátor (Lead Acid)
    - Nickel-cadmium akkumulátor
    - Lithium Ion akkumulátor
    - Natrium-kén akkumulátor
    - Natrium-Nickel-Klorid akkumulátor
  - Jelentős különbségek ezek között:
    - energiasűrűség
    - ciklusok számában és a hatásfokban
    - karbantartás igényben
    - cellafeszültségben
    - működési hőmérsékletben
  - Eredő hatásfok: 60-80% (Flow battery-nél: 70%)
  - Előnyök:
    - Kiforrott technológia
    - Gyors reagálási képesség a töltésre
    - Moduláris, csendes
    - Nem környezetszennyező – közvetlenül a terhelés közelébe helyezhető
  - Hátrányok:
    - Érzékeny a hőmérsékletre
    - Érzékeny a mélykisülésre
    - Korlátozott töltési kisülési ciklusszám
  
- xvi. Hidrogén alapú energiatárolás
  - Elektrolízis útján hidrogén előállítás – üzemanyag cella/ elégetés
  - Eredő hatásfok:
    - alacsony nyomás: 30-40%
    - magas nyomás: 60-85%
  - Előnyök:
    - Tiszta üzemanyag
    - Nagy energiasűrűség
    - Teljes teljesítményskála átfogható vele
    - Teljes energiaskála átfogható vele
    - Tárolási idő több hónap is lehet
    - Függetlenül megválasztható:
      - i. töltési sebesség
      - ii. kisülési sebesség



iii. tárolási kapacitás

- Moduláris konstrukcióra alkalmas
- Hidrogén más felhasználása is lehet
- Lehet mobilis is

○ Hátrányok:

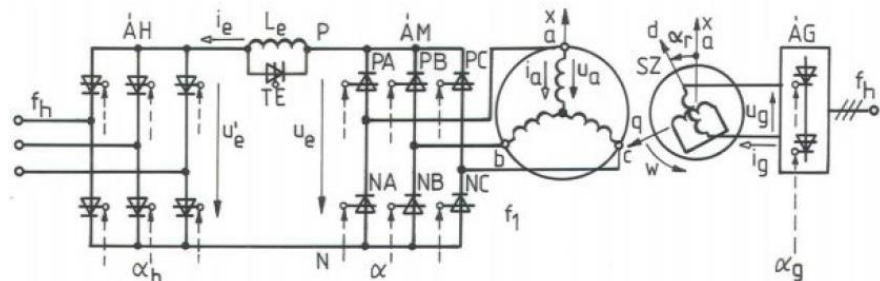
- Nem kiforrott technológia
- Költséges
- Alacsony nyomás alatti elektrolízissel kicsi az eredő hatásfok

xvii. Szuperkapacitás

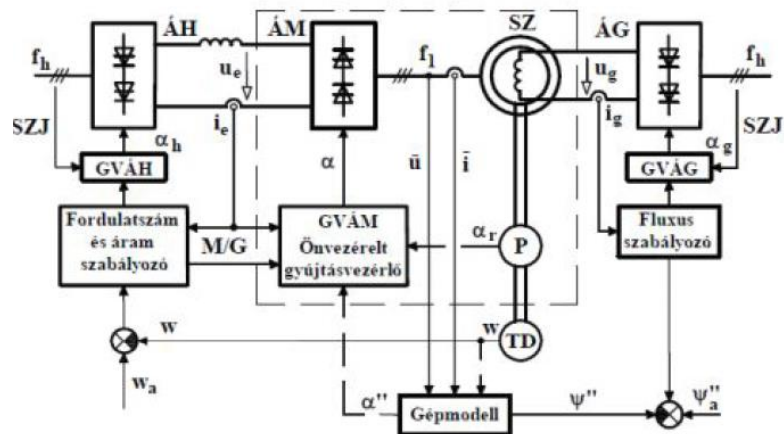
- Közvetlenül villamos energiát tárol
- Tárolt energia a felület nagyságával nő
- Nagy felületű anyagból készítik, mérethatékonyabb
- Eredő hatásfok: 86%
- Előnyök:
  - Kis méret
  - Gyorsabban tölthető, mint az akkumulátor
  - Újratöltések száma csaknem végtelen
  - Hosszú élettartam
  - Alacsony hőfokon is működik (-25°C)
- Hátrányok:
  - Egy cella feszültsége: 2V
  - Soros kapcsolással növelhető az eredő feszültség: 200-400V
  - Tárolási képesség kisebb, mint 100kW
  - Rövid idejű energiaszolgáltatásra képes: 10s

5. Az áramirányítós szinkrongép alapjai

a. Felépítés, kapcsolás, működés.

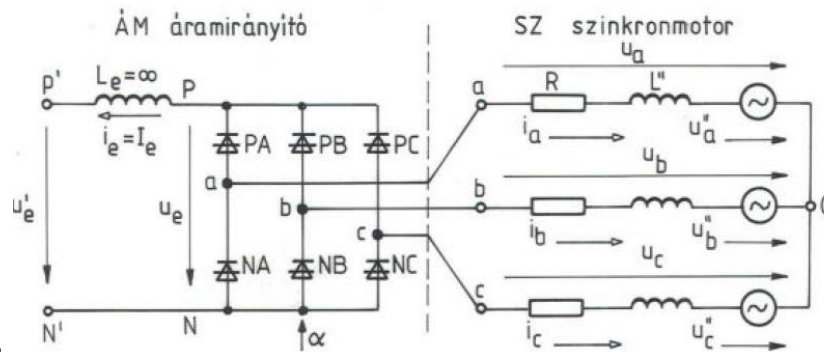


- Gyújtásvezérléssel az ÁM áramirányító
  - mind egyenirányító
  - mind inverter üzemre vezérelhető
- Így:
  - az egyirányú  $i_{ek} > 0$  egyenáramú középérték ellenére
  - az ÁSZM motoros és generátoros üzemre is képes
- Motoros üzemben:
  - ÁH egyenirányítóként dolgozik
  - ÁM inverterként dolgozik
  - Egyenfeszültség középértéke:  $U_{ek} < 0$
- Generátoros üzemben:
  - ÁH inverterként dolgozik
  - ÁM egyenirányítóként dolgozik
  - Egyenfeszültség középértéke:  $U_{ek} > 0$
- Az ÁM áramirányító tirisztorainak gyújtásában fázissorrendet cserélve
  - mindkét forgatási irány hajtás és fékezés (4/4-es üzem) lehetséges



9.2. ábra: Szabályozott ÁSZM blokkvázlata.

- 9.2. ábra
    - ÁSZM hajtás blokkvázlat:
      - fordulatszám és fluxus szabályozott
    - $(\alpha)_h$  gyújtásszög:
      - a fordulatszám szabályozó beavatkozó jele
    - $(\alpha)_g$  gyújtásszög:
      - a fluxus (gerjesztés) szabályozó beavatkozó jele
  - Általában:
    - mindkét szabályozó
    - alárendelt áramszabályozással rendelkezik
  - ÁM áramirányító gyújtásszögét
    - az SZ szinkrongép jeleiről működtetett
    - önvezérelt gyújtásvezérlő állítja be.
      - Önvezérlővel optimalizálható a nyomatékképzés
        - i. motoros és
        - ii. generátoros üzemben
  - ÁH hálózati és ÁG gerjesztőköri áramirányítók
    - egyenáramú kapcsaikról nézve
    - az önvezérelt ÁM áramirányítóról táplált szinkrongép
    - egyenáramú gépként viselkedik.
  - Igazi egyenáramú motoros hajtásban
    - csak  $u_e$ -t és  $u_g$ -t lehet változtatni
    - a motoroldali áramirányító gyújtásszögének megfelelő kefehid helyzetet nem szokás állítani
  - Az ÁSZM-ben mindig szükség van
    - a gerjesztés szabályozására
    - a szinkrongép nagy armatúra visszahatása miatt.
- b. Teljesítményviszonyok (meddő is).
- c. Alapösszefüggések, helyettesítő vázlat, nyomatékképzés.
- Motoroldali helyettesítő kapcsolás:



- Konstans szögsebességű munkapontban az alábbi képletek írják le a motor tulajdonságait:

- $\bar{\psi}'' = \bar{\Psi}'' e^{j\alpha r}$ ,  $\bar{u}'' = \frac{d\bar{\psi}''}{dt} = j\omega \bar{\Psi}'' e^{j\alpha r} = j\omega \bar{\psi}''$
  - (alfa)r = rotor szögelfordulása

- Ha t=0

- $\bar{\psi}'' = -j\Psi'' e^{j\omega t}$ ,  $\bar{u}'' = U'' e^{j\omega t}$ ,  $U'' = \omega \Psi''$

- Ezekből felírható és az állórész feszültségegyenlete ( $\psi = L'' i + \psi''$ ) alapján felírható:

- $\bar{u} = R\bar{i} + \frac{d\bar{\psi}}{dt} = R\bar{i} + L'' \frac{d\bar{i}}{dt} + \bar{u}''$

- Nyomatékképzés:

- Egyenfeszültség és egyenáram középértéke:

- $U_{ek} = K_u \omega \Psi'' (\cos \alpha + \cos \kappa)$ ,  $I_e = K_i \frac{\Psi''}{L''} (\cos \alpha - \cos \kappa)$

- Mechanikai teljesítmény középértéke:

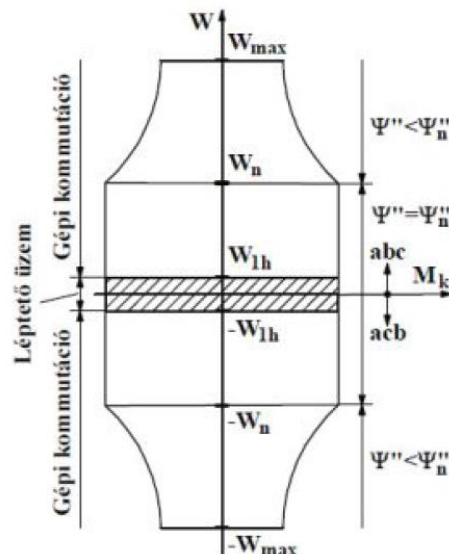
- $P_{mk} = M_k \omega = P_{\ell k} = M_k \omega_1 = -P_{ek} = -U_{ek} I_e$

- Ezekből felírható a szögsebesség és a nyomaték középértéke:

- $\omega = \omega_1 = \frac{U_{ek}}{K_u \Psi'' (\cos \alpha + \cos \kappa)}$ ,  $M_k = \frac{-U_{ek} I_e}{\omega} = K_m \frac{\Psi''^2}{L''} (\cos 2\kappa - \cos 2\alpha)$

- d. Önvezérlés, működési tartományok.

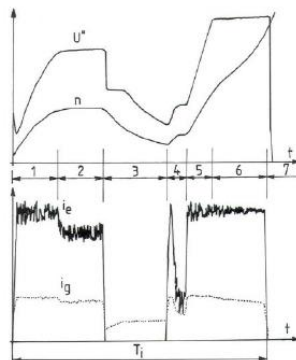
- Motoros és generátoros üzemen is képes működni,
    - azonban a  $\omega > \omega_n$ ,  $f_1 > f_{1n}$  tartományban
    - mezőgyengítést kell alkalmazni.



-

e. Gázturbinás szinkrongenerátor egység indítása.

- Indítást az erőművi irányító kezdeményezi
- $T_i=15-20$  min-ig tartó indítási folyamat fő jellemzői
  - az  $n$  fordulatszám
  - a szubtranziensts feszültség  $U''$  amplitúdója
  - az  $i_e$  egyenáramot és az  $i_g$  gerjesztőáram
- Indítás fő szakaszai:
  - 1:
    - Elindítás és felgyorsítás (**ÁSZM**) kb. 1/3 névlegesre = 1000/min
  - 2:
    - Néhány perces  $n=\text{const.}$ -on üzemel a gázturbina kiszellőztetése céljából
    - Szakasz végén az  $i_e$  áram és a nyomaték megszüntetése
  - 3:
    - ÁSZM  $i_e$  egyenáramának megszüntetését követő kipörgés (lassulás)
    - amely alatt előkészítik a gázturbinát a begyújtásra
  - 4:
    - Kipörgetés után az  $i_e$  egyenáram újraindítása, gyorsítása (**ÁSZM**)
    - majd a fordulaton tartás a gázturbina begyújtása alatt
  - 5:
    - A begyújtást követően további,
    - állandó fluxus melletti gyorsítás az **ÁSZM-mel**
    - és a **gázturbinával**.
  - 6:
    - kb. 1/3 névleges fordulatszám feletti mezőgyengítéses gyorsítás,
    - amikor  $U_1=U''=\text{const.}$
    - **ÁSZM** kapcsolású generátor kb 2/3 névleges = 2000/min fordulatszámig vesz részt a **gépcsoport** gyorsításában
  - 7:
    - Az ÁSZM  $i_e$  egyenáramának és  $i_g$  gerjesztő áramának megszüntetése után
    - a turbina-generátor gépcsoportot a **gázturbina** gyorsítja tovább
    - a névleges = 3000/min fordulatszámig



12.15. ábra:  
 ÁSZM fő jellemzői az indítási folyamat alatt.

○

## Hunyár Mátyás – 2017.04.17.

### Vízturbinák

1. Sorolja fel esésmagasság szerint a vízerőművek típusait és jellemzőit.

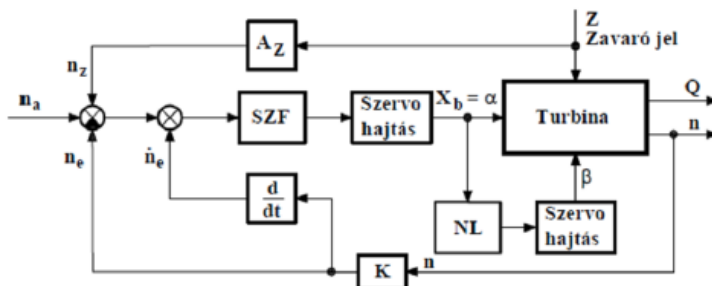
- Esés
  - Kis esésű – 0-15 m
    - átfolyó rendszerű
    - duzzasztóművel
    - Kaplan vagy propeller turbinával
    - Kis esés és kis vízhozam:
      - átfolyó rendszerű, csőturbinával
  - Közepes esésű – 15-50 m
    - folyó vagy tó
    - tároló gáttal
    - Francia turbinával
  - Nagy esésű - >50 m
    - hegyen lévő tárolóval
    - Pelton turbinával

2. Adja meg a vízerőművekből kivehető teljesítmény képletét.

$$P_H = g \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot \eta_{TR} \quad (3-1)$$

- Itt:
- g: nehézségi gyorsulást [m/s<sup>2</sup>],
  - ρ: a víz sűrűsége [kg/dm<sup>3</sup>],
  - Q: térfogatáram [m<sup>3</sup>/s],
  - $\eta_T, \eta_G, \eta_{TR}$ : hatásfokok (turbina, generátor, transzformátor).

3. Rajzolja fel a vízturbinák fordulatszabályozó körének blokkvázlatát, és adja meg e szabályozás feladatát szigetüzemben és hálózati üzemben.



- Szigetüzemben:
  - Szabályozás célja a frekvencia pontos tartása a fordulatszám segítségével.
  - Ekkor deltaP, deltaH, deltaQ zavaró jelek
- Hálózati üzemben:
  - A frekvenciát a teljes villamos rendszer határozza meg, a szabályozás elsődleges célja a terhelésben való részesedés meghatározása.
  - A szabályozás másodlagos célja:
    - megvédeni a rendszert a károsodástól (megszaladás, ugrásszerű nyomásváltozás)
  - A fordulatszám szabályozás a legbelső hurok, amely fölé teljesítmény szabályozó hurok, esetleg frekvencia szabályozó hurok van rendelve.

- A sebesség szabályozás a turbinán áthaladó Q térfogatáram szabályozásán keresztül valósul meg, mivel a kivehető teljesítmény képlete alapján ezzel szabályozni lehet a hálózatnak átadott PH teljesítményt.

## Szivattyús tározós vízerőmű

4. Milyen villamos-és vízgépeket lehet (kell) használni 2, 3 és 4 gépes szivattyús-tározós vízerőművekben?

- 4 gépes:
  - két gépcsoport összevonható egyé
  - Kaplan turbina
    - Lapátszög változtatásával forgásirányváltás nélkül változtatható a víz áramlási iránya
  - **Külön motor-szivattyú és generátor-turbina egységekből áll**
  - **Két tengelyes elrendezés**
- 3 gépes:
  - Modern megoldás
  - Európában főleg
  - irányváltás nélküli háromgépes rendszer
    - többfokozatú szivattyúval és Francis turbinával
    - közös motor/generátor
  - **1 db motor-generátor, 1 db turbina, 1 db szivattyú**
  - **Előnye:**
    - **Többféle vízgép alkalmazható**
  - **Három gép tengelykapcsolatban áll egymással**
    - **éppen nem működő egységet szelepekkel vagy csapokkal leválasztják**
    - **és sűrített levegőben forgatják**
  - **Speciális üzemállapota:**
    - **részleges/teljes hidraulikus rövidzár**
    - **köráram jön létre a turbina és a szivattyú között**
    - **Termelői/fogyasztói átállásnál alkalmazható + teljesítményszabályozás eszköze lehet**
  - **Irányváltás nélküli, gyors átállás termelőről fogyasztóra**
- 2 gépes:
  - mai korszerű megoldás
  - indításhoz frekvenciaváltót alkalmaz
  - USA-ban
    - 100 MW felett kétoldalról táplált aszinkron motor
    - 100 MW alatt áramirányítós szinkron motor
  - **1 db motor-generátor és 1 db szivattyú-turbina**
  - **Előnye:**
    - **olcsó**
  - **Hátrány:**
    - **termelői üzemmódból fogyasztói üzemmódba való átálláshoz irányváltás szükséges**
    - **Ez 8-10 perc is lehet**
  - **Kaplan/ Francis turbinát kér, többi nem jó**

5. Miért használnak 100 MVA feletti szivattyús-tározós erőművekben csúszógyűrűs aszinkron gépeket?

- Aszinkron gép Wikipedia – Csúszógyűrűs aszinkron gép:
  - Tekercselések végpontjai ki vannak vezetve egy-egy csúszógyűrűre.
  - A forgórészek kivezetéseit közvetlenül, vagy ellenálláson keresztül rövidre zárják,

- ezzel az adott üzemállapotnak megfelelően tudják a fordulatszám-nyomaték jelleggörbét szabályozni.
- A forgórész körbe kötött ellenállásokkal
  - Indítási áramlökés csökkenthető
  - indítónyomaték emelhető a forgórész körbe kötött szabályozó ellenállásokkal
  - Ellenállás csökkenti a hatásfokot, ezért ezek értékét a lehető leggyorsabban nullára kell csökkenteni.
- **Szélgenerátoroknál nagy teljesítményen gyakran alkalmazzák, mert:**
  - **P2 és sPI teljesítmény áramlik át az áramirányítók**
  - **Sebesség változtatás szokásos 3-33% a szinkronponthoz képest**
  - **az áramirányítók típus teljesítménye  $P_n/3$**
  - **CL áramvektor szabályozása**
    - szinuszos
    - **egységnyi teljesítmény tényező**
    - **hálózati áram**
  - **CM**
    - **egységnyi teljesítmény tényező**
    - **állórész áram**
  - **Eredő hálózati áram kapacitív is lehet**
  - **Motoros és generátoros fékezés is lehetséges**

## GRID CODES

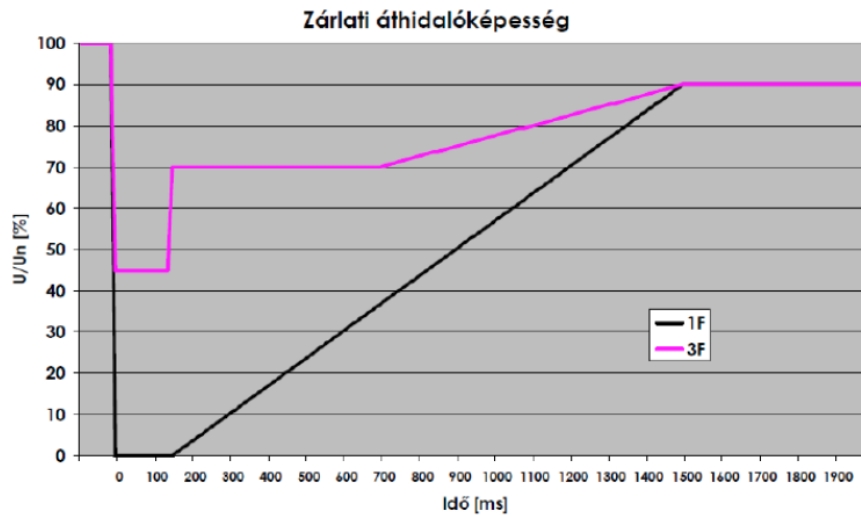
### 6. Melyek az energia minőségét meghatározó tényezők?

- Energia minőség
  - Feszültség
    - Lassú változások
    - Flicker
    - Harmonikusok
    - Gyors letörések
  - Frekvencia
  - Megszakítások

### 7. Milyen tényezők okozzák a szélturbinák folyamatos üzemében a flickert?

- Okai:
  - a szélesebbesség változása (turbulencia)
  - torony árnyékoló hatása (lapátszám függő)
  - a lapátszög szabályozás holtideje és véges működési sebessége
- Kapcsolási tranziensek miatti flicker
  - Indítás
  - Átkapcsolások (pólusszám váltás)
  - Leállítás

8. Rajzolja fel az időjárásfüggő termelő egységek áthidaló képességére vonatkozó ábrát, amely megfelel a MAVIR követelményeinek.



6.6. ábra Időjárásfüggő termelő egységek zárlati áthidalóképessége

- 
- Az időjárásfüggő termelő egységeknek nem kell részt venniük a primer szabályozásban, nem vonatkozik rájuk a frekvenciatartáshoz szükséges előírás, viszont hiba áthidalási képesség ugyanúgy feltételekhez van kötve.
- Az időjárásfüggő termelő egységeknek zárlati körülmények között is a hálózaton kell maradniuk, hogy segítsék a letört feszültség és a hálózati teljesítmény egyensúly megtartását.

## Göcsei-Cselkó-Németh-Balangó – 2016.05.10.

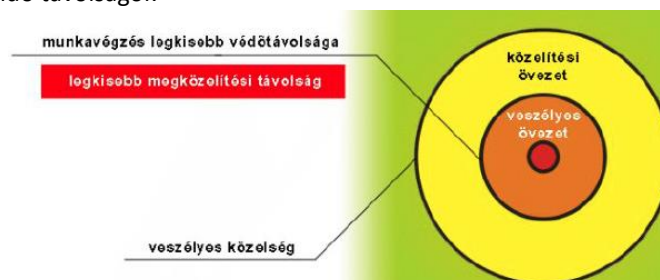
### Feszültség alatti munkavégzés

1. Ismertesse a FAM elvét, technológiát, munkamódszereit, a betartandó távolságokat!

- Motiváció:
  - Villamosenergia-piac növekedése -> nem lehet kikapcsolni vezeték
  - Rendszer hurkoltága csökken, nő az üzemzavar kockázat -> csökken a VER stabilitás
- FAM:
  - Olyan tevékenység,
    - melynek során a munkát végző személy
    - a villamos hálózat vagy berendezés
    - feszültség alatt álló szerkezeti részein munkát végez,
    - miközben a feszültség alatt álló berendezésnek
    - feszültség alatt álló részeit testével
    - közvetlenül, vagy szigetelt vagy szigeteletlen munkaeszközével, egyéni védőeszközével közvetve vagy
    - munkadarabbal közvetve
    - a munkamódszertől függően megérinti, átütési (átívelési) távolságon belül megközelíti
    - létesítési, üzembe helyezési, üzemeltetési, üzemzavar-elhárítási és – megelőzési, javítási és karbantartási feladatok végrehajtása céljából.
- Technológia:
  - Földpotenciálú munkaállás
    - a beavatkozó szerelő
    - földön, munkagödörben, kábelcsatornában, közműalagútban, oszlopon vagy az oszlophoz csatlakozó bármely szerelvényen



- állva végzi a munkát
  - Potenciálon lévő munkaállás
    - a beavatkozó szerelő
    - annak a vezetőnek a potenciáljára kerül,
    - amelyen a munkát végzi
  - Határozatlan potenciálú munkaállás
    - a beavatkozó szerelő
    - mind a földtől, mind a feszültség alatt álló részekről
    - teljes értékű szigeteléssel elszigetelve
    - végzi a munkát
- Munkamódszerek
  - Távolból végzett munka
    - FAM azon módja,
    - amikor a dolgozó a feszültség alatt lévő résztől
    - meghatározott távolságból
    - (legkisebb szigetelési távolságon kívül)
    - szigetelő rudak segítségével
    - végzi a munkát
  - Érintéssel végzett munka
    - FAM azon módja,
    - amikor a környezetében lévő, tőle eltérő potenciálú részekkel szemben
    - elektrotechnikai gumikesztyű, karvédő és egyéb szigetelő eszközök védik,
    - miközben a munkája során
    - közvetlen mechanikai érintkezésbe kerül a feszültség alatt lévő részekkel
  - Potenciálon végzett munka
    - FAM azon módja,
    - amikor a dolgozó közvetlen villamos kontaktusban van
    - azzal a feszültség alatt lévő résszel,
    - amelyen dolgozik,
    - és így a dolgozó teste a feszültség alatt lévő rész potenciáljára kerül,
    - emellett a tőle eltérő potenciálú környezettől megfelelő módon el van szigetelve.
    - Áramütéstől a Faraday-kalitikaként funkcionáló védőruházat védi meg
  - Betartandó távolságok



- Feszültség alatti munkavégzés övezete (veszélyes övezet)
  - A FAM övezetének külső határát meghatározó távolság
- Közelítési övezet
  - Külső határa a veszélyes közelség

## 2. Ismertesse a FAM műszaki és gazdasági előnyeit és hátrányait!

- Előnyei:
  - Szigorúan szabályozott folyamat -> minimális baleseti kockázat
  - Azonnali hibajavítást tesz lehetővé -> nincs fogyasztói zavarás
  - Lehetőség van vegyes alkalmazásra
  - Kevesebb lehet a zöldkár

- Jobban megfelel az egyre növekvő előírásoknak a fogyasztói zavarásra vonatkozóan
- Egységes rendszer -> egységes oktatás, kevesebb adminisztráció
- Hátrányai:
  - Lehet nagy a beruházási/szolgáltatási költség
  - Magas fenntartási költség
  - Megnövekedett adminisztratív feladatok
  - Összetett gazdasági elemzés szükséges
  - Nincs biztos vállalkozói szféra az országban
  - Változó politikai környezet veszélyes rá

3. Melyek a FAM főbb dokumentumai és azok miket tartalmaznak?! Mi a különleges üzemviteli állapot, mikor és miért kell alkalmazni?

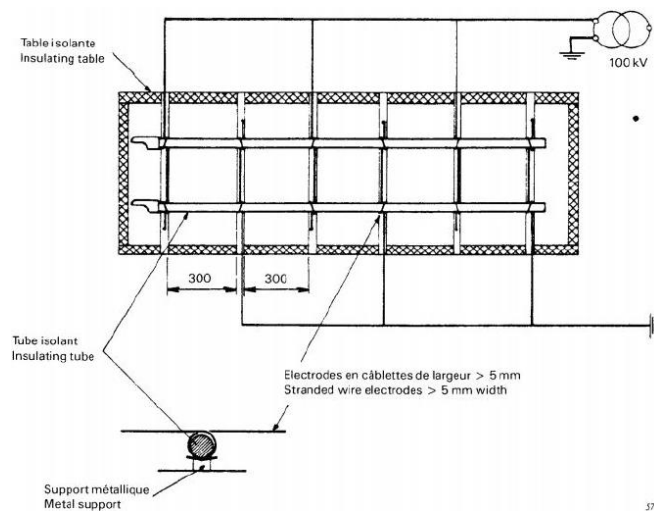
- FAM dokumentumai:
  - FAM Biztonsági Szabályzat (FAM BSZ)
  - Munkavégrehajtási Feltételek (MVF)
    - Egyegy feszültségszinten (KIF, KöF vagy NaF) a FAM tevékenység előkészítését, lebonyolítását, műszaki és környezeti feltételeit részletesen szabályozó dokumentáció
  - Átvételi és periodikus vizsgálatok gyűjteménye (ÁPVGy)
    - A FAM eszközök első használatbavételét megelőző, illetve a használat során időszakonként szükséges vizsgálat módszereinek leírását tartalmazza
  - Műszaki Lap (ML)
    - A technológiákhoz használt FAM eszközök főbb műszaki adatait, vizsgálatának, ellenőrzésének, tárolásának, szállításának, karbantartásának feltételeit tartalmazó dokumentáció
  - FAM Minősítő Lap (FAM MinL)
    - FAM eszközök vizsgálatának eredményét tartalmazó dokumentum
  - Műveleti Mód (MM)
    - Adott FAM eszközök használatát, kezelését meghatározó előírásgyűjtemény.
  - Típustechnológia (TT)
    - Adott berendezésen feszültség alatt végezhető munka részletes, minden mozzanatra kiterjedő leírását tartalmazó dokumentáció
  - FAM feljogosítási igazolvány
    - FAM tevékenység szakképzésében részt vett és eredményes vizsgát tett személy részére a munkáltató által kiállított, FAM tevékenység végzésére feljogosító igazolvány
  - FAM tevékenység engedély
    - Meghatározott berendezés felelős üzemeltetője által kiadott, a FAM tevékenység végzésére vonatkozó írásbeli meghatalmazás
- Különleges üzemviteli állapot (KÜÁ)
  - FAM tevékenységre kijelölt normálistól eltérő üzemviteli állapot,
  - amelynek során különleges intézkedések biztosítják
  - a FAM tevékenység munkahelyén esetleg bekövetkező
  - villamos jellegű hiba következményeinek a korlátozását.
  - Intézkedések:
    - a rendszer csillagpontja
      - ohmos ellenálláson keresztül földelt
    - a berendezés szelektív védelmeinek késleltetése
      - önidőre van állítva
    - a berendezés mindenfajta önműködő visszakapcsolása
      - bénítva

4. Ismertesse egy Ön által kiválasztott FAM eszköz vizsgálati eljárását!

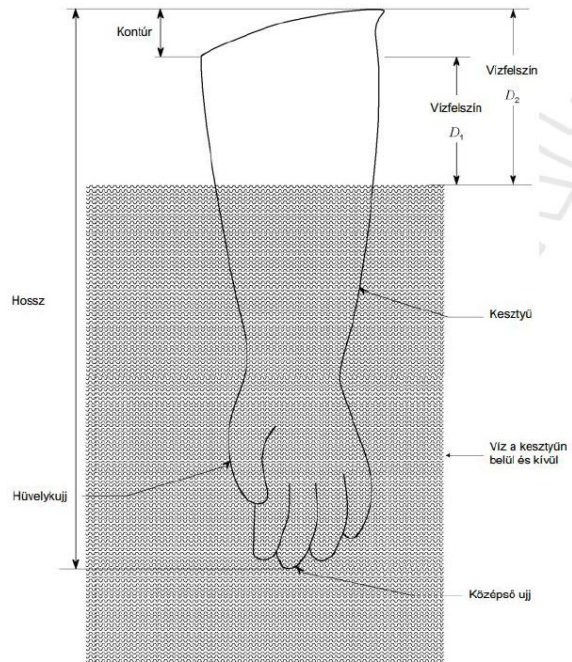
- Átvételi vizsgálatot és időszakos felülvizsgálatot
  - FAM Bizottság által megfelelőnek minősített vizsgálólaboratórium végzi
  - és azt a FAM MinL-on dokumentálja
- Lépések
  - Szemrevételezés
    - nem lehet rajta sérülés, karc, törés
  - Működési minőség ellenőrzése
    - akadálymentesen működik a mechanika

- Szigetelő rúd vizsgálata

- Elrendezés:
  - Rúd teljes hosszán
  - 30 cm-enként
  - felváltva egy föld és egy fázis elektródát
- Vizsgálat:
  - Fázis elektródára 100 kV-os feszültséget kapcsolunk
  - Egy percig tart periodikus vizsgálat esetén
- Feltételek:
  - A vizsgálat ideje alatt
  - nem keletkezhets átütés, átívelés, a rúd felülete nem sérülhet
  - Szivárgó áram nagysága a mérés során nem növekedhet



- Elrendezés:
  - Kesztyű földelt, vízzel teli kádban
  - Kesztyű belsejében is víz
  - A kettő vízszint megegyezik.
  - Kesztyű szárától és a víz felszíne között adott távolság
    - Class 3 – 90 mm
  - Kesztyű belsejébe egy vízbe érő elektród
- Vizsgálat:
  - Elektródra feszültséget kapcsolunk
    - Class 1 – 10 kV
    - Class 2 – 20 kV
    - Class 3 – 30 kV
    - Class 4 – 40 kV
  - Egy percig tart periodikus vizsgálat esetén
- Feltételek:
  - A vizsgálat ideje alatt
  - nem alakulhat ki átívelés, átütés, felületi sérülés
  - Szivárgó áram nagysága a mérés során nem növekedhet



5. Ismertesse a szak személyzetet érő erőtereket és az ellenük való védekezési módokat!

	Villamos térerősség [kV/m]	Mágneses indukció [ $\mu$ T]
Lakosság (24 óra átlag)	5	200
Szak személyzet (8 óra átlag)	10	1000
Védekezés	Faraday kalitka (FAM ruha)	Védőruha nincs, sodrony geometria változtatással lehet módosítani a teret

## Dinamikus távvezeték terhelhetőség

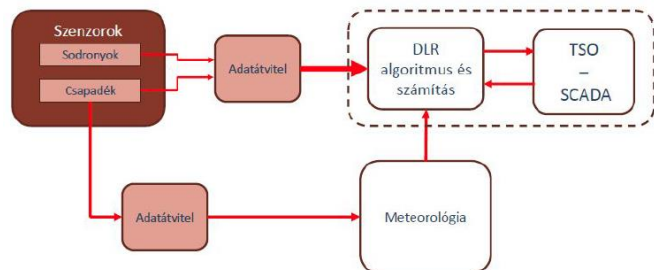
1. Ismertesse a távvezetékek terhelhetőségének meghatározási elvét!

- Motiváció:
  - Véges terhelhetőség:
    - Mechanikai korlátok
    - Villamos korlátok
    - Jogi korlátok
  - Túlmelegedő vezeték
  - Anyagfáradás
  - Sodronyok elemi szálainak súrlódása azok hőtágulása során
  - Élettartam csökkenés
  - Túlzott belógás
- Távvezeték terhelhetősége:
  - Legnagyobb áramerhelés
  - Sodronyok termikus viselkedése
  - Erősen limitált a sodrony megengedett legnagyobb hőmérséklet által
  - Normál esetben statikus terhelhetőség számítása
- Dinamikus Terhelhetőség – DLR

- Valós idejű terhelhetőségszámítás a mindenkori körülmények alapján
  - A statikus terhelhetőség leváltása
2. Milyen átviteli kapacitásnövelési lehetőségeket lehet felsorakoztatni távvezetékek esetén?
- Új távvezeték építése
  - Régi sodronyok cseréje – oszlopcseré
  - DLR
  - Vezetékek túlterhelése
  - Szezonális statikus terhelhetőség számítása
3. Mutassa be a távvezetékek dinamikus terhelhetőségének számítását végző rendszer felépítését!

● A rendszer elemei:

- Sodronyok termikus modelljének előállítás
- A számítást végző rendszer modelljének előállítás
- A DLR lehetséges hatásainak elemzése, a távvezeték előkészítése
- A valós idejű adatgyűjtést célzó és elősegítő eszközök kiválasztása
- A rendszer kiépítése



Az öregedésmenedzsment alapjai, hálózati elemek állapotának ellenőrzése, minősítése

1. Hogyan kell hozzájárulnia az eszközszintnek a jövő villamosenergia hálózatával kapcsolatos elvárásokhoz?
- Gazdaságos:
    - Csak költséghatékonyan üzemeltethető elemek
    - Rendelkezésre álló információk alapján -> kihasználtság, élettartamra vonatkozó költségek megállapítása
  - Környezetkímélő:
    - Növényi olajok,
    - biológiai úton lebomló szigetelések
    - SF6-mentes berendezések
  - Fenntartható
    - Műszaki fenntarthatóság
    - Gazdasági fenntarthatóság
    - Környezeti fenntarthatóság
  - Megbízhatóság
    - Karbantartás menedzselési módszerek
    - Avultatás kezelés
    - Különleges körülményeknek is ellenálló berendezések (pl. nanobevonatú sodrony)
2. Mi az asset management célja és milyen beavatkozásokról, stratégiákról dönt? Milyen eszköz fenntartási stratégiák lehetségesek? Hogyan alkalmazzuk az eszközökről rendelkezésre álló diagnosztikai információkat?
- Asset management célja
    - Egy teljes eszközcsoportra
    - az elvárt megbízhatósági szint figyelembevételével
    - meghatározni a szükséges ráfordításokat

- és ezen belül meghatározni a karbantartások és beruházások
- hosszútávon fenntartható egyensúlyát
- Fenntartási stratégiák:
  - Top-down megközelítés
    - statisztikai hibaelemzés
  - Down-top megközelítés
    - diagnosztika és célja
    - online és offline
  - P... Mg Mg... Mi I... diagnosztika
    - példa: kábeldiagnosztika, középfeszültségű szabadvezeteki hálózat transzformátorok
- Diagnosztikai információk alkalmazása

Állapot	Figyelembe véve	<b>Állapotfüggő</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● folyamatos vagy alkalmi monitorozás</li> <li>● karbantartás igény szerint</li> </ul>	<b>Megbízhatóság alapú</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● prioritási lista</li> <li>● állapot és meghibásodás közötti kapcsolat</li> <li>● kockázatkezelés</li> </ul>
	Mellőzve	<b>Korrektív</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● nincs diagnosztika</li> <li>● karbantartás csak meghibásodáskor</li> </ul>	<b>Időalapú</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Meghatározott időközönként vizsgálat és karbantartás</li> </ul>
		Mellőzve	Figyelembe véve
Fontosság			

3. Hogyan lehet alkalmazni a statisztikai hibaelemzést? Milyen lépései, módszerei és nehézségei vannak?

- Statisztikai hibaelemzés
  - Célja:
    - Felülről lefelé megközelítés
    - nem konkrét esetek érdeklik,
    - hanem a populáció viselkedése
  - Nem (alap)célja kijelölni a konkrét eszközt, amin beavatkozást kell végrehajtani
    - Állapotfelmérés (diagnosztika, szemrevételezés)
    - Korreláció bizonyos tényezőkkel
- Lépések:
  - Adatgyűjtés
    - Adatbázis felépítése a meglévő eszközökről, típusokról, kor stb.
    - Meghibásodások rögzítése
    - Online és offline adatgyűjtés
  - Megfelelő eloszlás kiválasztása
    - Poisson eloszlás
      - kortól független meghibásodások
    - Weibull eloszlás
      - akkor alkalmazható, ha van domináns hibamód
    - Crow AMSAA
      - több hibamódra is működik
      - nagy mennyiségű bemenő adatra van szükség
    - Cox féle aranyos hazard modell
      - kockázati faktor és
      - hibamódok közötti
      - összefüggést tudja feltárni
  - Görbeillesztés, predikció
    - Maximum valószínűség becslés (maximum likelihood method)
    - Rang mediánja (median rank)

- Grafikus görbeillesztés
- A statisztikai hibaelemzés nehézségei:
  - Nem megfelelően ismert vagy túl összetett öregedési folyamatok
    - Nem biztosított a megfelelő eloszlás kiválasztása
    - Probléma: Matematikai eljárások ennek ellenére végre hajthatók, de a becslés pontossága megkérdőjelezhető lesz
  - Meghibásodott berendezések kora hiányzik
  - Hiányzó, pontatlan koreloszlás
  - Külső hatások („suspension”) nem különülnek el

4. Melyek az online diagnosztika előnyei és hátrányai?

- Online mérés
  - Üzem fenntartása mellett történik
- Előnyei
  - Nincs fogyasztói zavartatás
  - Nem kell külön gerjesztőberendezés
  - Valós körülmények között vizsgálható a berendezés
  - Pillanatszerű mérések helyett folyamatok vizsgálata is lehetséges
- Hátrányai
  - FAM tevékenységet igényelhet
    - Minimum feszültség közeli munkavégzés
  - Magas zaj- és zavar szint
    - Kifinomult feldolgozástechnikát igényel
  - Nem választható meg a próbafeszültség
    - Aktuális hálózati feszültség
    - Változással korrigálni kell
  - Bizonyos jellemzők nem mérhetőek
    - Szigetelési ellenállás
    - Veszteségi tényezők
  - Magasabb induló ár

5. Melyek a kábeleken alkalmazható főbb diagnosztikai módszerek? Mi a specialitása kábeleknél diagnosztika szempontjából? Milyen módszereket alkalmaznak kábeldiagnosztikára?

- Kábeldiagnosztika legfőbb jellemzője:
  - Egyszerre vannak jelen pontszerű és a kábel mentén megjelenő problémák.
  - Diagnosztikai módszerek
    - Általános öregedés
      - Dielektromos jellemzők mérése
        - szigetelési ellenállás
        - kapacitás
        - veszteségi tényező
        - spektrum módszerek
        - feszültségpróba (érszigetelés, burkolat)
      - Mechanikai tulajdonságok
      - Kémiai vizsgálatok
    - Helyi meghibásodások
      - Részkisülés mérés
      - TDR – Time-domain reflectometer
- Részletörés mérés:
  - leggyakrabban alkalmazott módszer a helyi hibák meghatározására

- Lehet online is végezni
- leggyakrabban OWTS (Oscillating Wave Test System) műszerrel.
- Mérhető jellemzők
  - begyújtási és kialvási feszültség
  - eloszlás fázisszög szerint
  - eloszlás a kábel mentén
- Mérési módszerek
  - Villamos
    - konvencionális (integráló erősítő)
    - HFCT (High Frequency Current Transformer)
    - RF antenna
    - UHF antenna (trafó)
  - Nem villamos
    - Optikai (fény, UV)
    - Akusztikus

6. Soroljon fel transzformátor diagnosztikai eljárásokat! Ismertesse a transzformátor hibagáz analízis elvét, kivitelezését és a kimutatható hibákat! Soroljon fel néhány jellemző hibagázt!

- Lehetséges diagnosztikai eljárások
  - Hibagáz analízis
  - Olajvizsgálat
  - Furántartalom
  - Termovízió
  - Terhelés adatok
  - Szigetelési ellenállás
  - RVM (Recovery Voltage Meter)
  - Veszteésgyi tényező és kapacitás
  - Rövidzárási impedancia mérés
  - FRA (Frequency Response Analysis)
- Hibagáz analízis
  - Ki tudja mutatni
    - a szigetelés általános öregedését, valamint
    - a helyi hibákat
  - Mérést mintavétellel lehet végrehajtani
  - Az olajat a transzformátor házán különböző helyeken elhelyezett csapok segítségével lehet mintavételezni.
    - Olaj minősége függ a helyzetétől, fent tisztább, mint a ház alján
- Az olajban oldott gázok keletkeznek
  - Villamos, villamos-termikus, termikus igénybevétel
  - Természetes bomlás (olaj, cellulóz)
  - Atmoszférából való beoldás
- Gázokból megállapítható a hiba oka, valamint az általános állapot
  - Kimutatható hibatípusok
    - részkisülés
    - kis energiájú ívkisülés
    - nagy energiájú ívkisülés
    - melegpont ( $T < 300\text{ °C}$ ,  $300\text{ °C} < T < 700\text{ °C}$ ,  $700\text{ °C} < T$ )
  - Jellemző gázok
    - Részkisülés:
      - hidrogén (H<sub>2</sub>)
      - szénmonoxid (CO<sub>2</sub>)



- metán (CH<sub>4</sub>)
- etán (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)
- Olaj természetes bomlása
  - hidrogén (H<sub>2</sub>)
  - metán (CH<sub>4</sub>)
  - etán (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)
- Melegpont (T < 300 °C)
  - hidrogén (H<sub>2</sub>)
  - szénmonoxid (CO)
  - metán (CH<sub>4</sub>)
  - etán (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)
  - etilén (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)
  - propán és propilén (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>+C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>)

## Diagnosztikai esettanulmányok

1. Ismertesse a nagytranszformátor főbb részeit, lehetséges meghibásodásukat!

Transzformátor részei	Lehetséges meghibásodása
Transzformátor ház	Mechanikai sérülés, korrózió
Fedél	Sérült szigetelés -> olajszivárgás
Kivezetések (Átvezető szigetelés)	Törés
Konzervátor (Kiegyenlítő tartály)	Olajszivárgás
Szorító és összehúzó szerkezetek	Üzem közben fellazult csavarok
Vasmag (Oszlop, Járom)	Prespán szigetelő törése
Tekercsek kivezetései	Deformálódott tekercs, olvadt vezető
Terhelés alatti fokozatkapcsoló (OLTC)	Szigetelés sérülése (melegedés miatt)
Hűtőcsatornák	Elzáródás, túlmelegedés
Transzformátor olaj	Szennyeződés

2. Ismertesse a transzformátor korrozív kén problémakört! Ismertesse milyen eljárással lehetséges a problémakör diagnosztizálása és megszüntetése!

- Kén szerepe az olajban:
  - Oxidációs stabilitás
  - néhány kén vegyületnek jelenléte segíti a stabilitást egyéb inhibitor adagolás nélkül
- Nagy oxidációs stabilitás csökkenti:
  - Üledék lerakódást
  - Villamos veszteséget, hibákat
  - Fémkorróziót
  - Növeli a szigetelés élettartamát
- Alacsony kén tartalom:
  - savasodást
  - üledékképződést idézhet elő
- Magas kéntartalom
  - korróziót idézhet elő
  - Korrózió következménye
    - papír szigetelés gyors öregedése
    - hőmérséklet intenzív emelkedése
    - nem megfelelő hűtés és az olaj elzáródása miatt
- Olaj vizsgálatok
  - Minőségi (kvalitatív) meghatározás – IEC 62535 szabvány korrozív kén teszt
  - Mennyiségi (kvantitatív) meghatározás – összes kén tartalom, DBDS tartalom meghatározása

3. Milyen transzformátor meghibásodási módokat ismer, ismertesse a karbantartási technológiákat! Sorolja fel mik az előnyei és hátrányai a helyszíni és a gyári javításnak, karbantartásnak!

- Transzformátor meghibásodások
  - Szigetelő papír égés
  - Üzem közben fellazult csavarok
    - Olajszivárgás
  - Átvezető szigetelő törése
  - Zárlati erőkből adódó tekercsmozgások, deformációk hatása
    - Leszorító törés
    - Papír szigetelőhenger szakadása
    - Tekercs deformációja
  - Transzformátorház meghibásodása
  - Tekercsek között lévő prespán szigetelő henger törése
  - Égett papírszigetelés
  - Olvadt vezető
  - Tekercs menete közötti átütés

Javítás/ Karbantartás	Helyszíni	Gyári
Előnyök	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olcsóbb</li> <li>• Gyorsabb javítási idő</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teljesen hozzáférhetővé válik minden része                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tekercselés lefejtése</li> <li>○ Rejtett hibák feltárása</li> </ul> </li> </ul>
Hátrányok	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nincs mód vákuumkezelésre a trafó összeszerelése után</li> <li>• 2-3 napos olajkezelés</li> <li>• Nem minden hiba javítható ilyen módon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Költségek</li> <li>• Előkészítés szükséges                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Átvezető szigetelők és konzervátor leszerelése</li> </ul> </li> <li>• fellazult tekercsek felrázódnak, megsérülhetnek</li> </ul>

4. Ismertesse az átvezető szigetelő felépítését, alkalmazható diagnosztikai eljárásokat és meghibásodási lehetőségeket!

- Átvezető szigetelők (Bushing)
  - Transzformátor elengedhetetlen része
  - Értékük több is lehet, mint a transzformátor teljes árának 10%-a
  - Az átvezetők meghibásodása viszonylag magas
    - Meghibásodási rátájuk 5-50 % átlag 25 %
  - Átvezető hibák gyakran okoznak tüzet
- Részei:
- Főbb diagnosztikák
  - PD (Partial Discharge, részkisülés)
  - Online Tgδ/C mérés
  - Polarizációs mérés
    - FDS, RVM, PDC
- Lehetséges hibák
  - Olaj hiány
    - Túlmelegedés, átütés
    - Részkisülés következtében kialakult sérülés

5. Ismertesse a távvezeték hálózat felépítését, meghibásodási lehetőségeit!

- Felépítése

- Alapzat
- Oszlop
  - Tartó vagy
  - Feszítő
- Szigetelő
  - Tartó
    - Álló vagy
    - Függő
  - Feszítő
  - Tám
    - Alállomásokban
- Sodrony
  - Burkolatlan
  - Burkolt
- Meghibásodások
  - Oszlop kidőlés
  - Sodrony
    - Szakadás
    - Jegesedés
  - Szigetelő törés
    - Extrém mechanikai igénybevétel miatt
    - Ridegtörés (Csak kompozit szigetelő esetén, általában nagyfeszén)

Szám példa: (Nem volt a témaleírásban, de mit lehet tudni.)

Laboratóriumi öregítési vizsgálatok eredményei alapján egy kábelszigetelőknél használt anyag élettartama 200 kV térerősség esetén 1000 h. Az anyagra vonatkozó élettartam kivető  $n=9$ , ha a szigetelést száraz körülmények közt üzemeltetik. A szigetelőanyagból kábelszigetelést készítünk, ahol a vezető átmérője 1 cm, a szigetelés vastagsága 8,6 mm. Mekkora a szigetelés várható élettartama, ha a kábelt 50 kV feszültséggel üzemeltetjük?

$$E_{\text{üzemi}} = \frac{U}{r_{\text{vezető}} \ln\left(\frac{r_{\text{kábel}}}{r_{\text{vezető}}}\right)} = \frac{50 \text{ kV}}{0,5 \text{ cm} * \ln\left(\frac{1,36}{0,5}\right)} = 100 \text{ kV/cm}$$

$$\frac{t_{v1}}{t_{v2}} = \left(\frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{üzemi}}}\right)^{-n}; t_{v1} = 1000 \text{ h}; E_{\text{max}} = 200 \text{ kV}; n = 9$$

$$t_{v2} = t_{v1} * \left(\frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{üzemi}}}\right)^n = 1000 \text{ h} * \left(\frac{200}{100}\right)^9 = 512000 \text{ h} \sim 58,5 \text{ év}$$