

Tantárgyi kommunikációs dosszié



Villamosenergia-rendszerek

GEVEE210MN

Energetikai mérnök

MSc mesterszak

Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Elektrotechnikai és Elektronikai Intézet

Tantárgy neve: VILLAMOSENERGIA-RENDSZEREK	Tantárgy neptun kódja: GEVEE210MN Tárgyfelelős intézet: EEI Tantárgyelem: Alapozó, Kötelező
Tárgyfelelős: Dr. Bodnár István, egyetemi adjunktus	
Javasolt félév: 2	Előfeltétel: GEVEEE209MN
Óraszám/hét: 2 ea / 1 gy / 0 lab / 14 hét	Számonkérés módja: Kollokvium
Kreditpont: 4 kredit	Tagozat: Nappali
<p>Tantárgy feladata és célja: Megismertetni a hallgatókat a villamosenergia termelés, elosztás, felhasználás komplex folyamatával, bemutatni a rendszerben használt eszközöket, berendezéseket.</p> <p>Tudás: Ismeri az energetikai mérnöki szakmához szorosan kapcsolódó természettudományos és műszaki elméletet és gyakorlatot, rendelkezik a megfelelő szintű manuális készségekkel. Ismeri a vezetéshez kapcsolódó szervezési eszközöket és módszereket, az energetikai létesítmények tervezésével, létesítésével, üzemeltetésével és ellenőrzésével kapcsolatos jogszabályokat. Rendelkezik az energetikai területhez kapcsolódó mérés-technikai és méréselméleti ismeretekkel. Részletesen ismeri az energetikai műszaki dokumentáció (különösen a rendszerterv, megvalósíthatósági tanulmány, hatástanulmány) készítésének szabályait. Részletekbe menően ismeri és érti az energetikai szakterület ismeretszerzési, adatgyűjtési módszereit, azok etikai korlátait és problémamegoldó technikáit. Ismeri az energetikai területhez kapcsolódó információs és kommunikációs technológiákat. Részletesen ismeri a számítógépes tervezés, modellezés és szimuláció energetikai szakterülethez kapcsolódó eszközeit és módszereit. Széles körű elméleti és gyakorlati felkészültséggel, módszertani és gyakorlati ismeretekkel rendelkezik az összetett energiaátalakító, -ellátó és -felhasználó rendszerek és folyamatok tervezéséhez, létesítéséhez, modellezéséhez, üzemeltetéséhez és irányításához.</p> <p>Képesség: Képes integrált ismeretek alkalmazására az energetikai gépek és folyamatok, az energetikai rendszerek és technológiák, valamint a kapcsolódó környezetvédelmi, informatikai, gazdasági és jogi szakterületekről. Képes rendszerszemléletű, folyamatorientált gondolkodásmód alapján komplex energetikai rendszerek globális tervezésére, létesítésének előkészítésére és irányítására, majd üzemeltetésére. Képes az energetikai gépek, rendszerek és folyamatok tervezésében, szervezésében és működtetésében használatos eljárások, modellek, információs technológiák alkalmazására és azok továbbfejlesztésére. Képes információs és kommunikációs technológiákat és módszereket alkalmazni műszaki problémák megoldására. Kellő gyakorlat után képes vezetői feladatok ellátására. Képes az adott műszaki szakterület elméleteit és az azokkal összefüggő terminológiát a problémák megoldásakor innovatív módon alkalmazni.</p> <p>Attitűd: Tevékenységét rendszerszemléletű és folyamatorientált gondolkodásmód alapján komplex megközelítésben, a fenntarthatóság és energiatudatosság szempontjait előtérbe helyezve végzi. Nyitottan áll a szakmai fejlődést szolgáló továbbképzésekhez. Folyamatos önművelést és önfejlesztést, valamint egészségfejlesztést folytat, megszerzett ismeretét bővíti, szemléletét formálja. Nyitott és fogékony a műszaki szakterületen zajló szakmai, technológiai fejlesztés és innováció megismerésére és elfogadására, annak hiteles közvetítésére. Törekszik a műszaki szakterülettel összefüggő új módszerek és eszközök fejlesztésében való közreműködésre. Lehetőségeihez mérten aktív szakmai közéleti tevékenységet folytat. Törekszik a munka- és szervezeti kultúra etikai elveinek betartására és betartatására.</p> <p>Autonomia és felelősség: Megszerzett tudását és tapasztalatait formális, nem formális és informális információátadási formákban megosztja szakterülete művelőivel. Értékeli beosztottjai munkáját, kritikai észrevételeinek megosztásával elősegíti szakmai fejlődésüket. Működési területén önállóan hoz szakmai döntéseket, melyeket felelősségteljesen képvisel. Munkatársait és beosztottjait felelős és etikus szakmagyakorlásra neveli. Szakmai problémák megoldása során önállóan és kezdeményezően lép fel.</p>	

Tárgy tematikus leírása:

Villamosenergia előállítás, energiahordozók és erőművek ismertetése. Villamosenergia-termelés fő jellemzői. Villamosenergia-átvitel jellemzői és szabványos rendszereinek a bemutatása. Hálózati topológiák és transzformátorállomás diszpozíciók ismertetése. Elosztó hálózatok jellemzői és feszültség szintjei. Hálózatok csillagpont kezelésének módszerei. Hálózati impedanciák. A hálózatok egyszerű helyettesítő vázlatok. Közös feszültség alakra redukálás. Szabadvezeték villamos jellemzői, induktív-, kapacitív reaktancia számítása. Kábelek alkalmazása. Kábel szerkezetek. Kábelek villamos jellemzői. Helyettesítő kapcsolások. Veszteségek. Szinkron generátorok az energia rendszer. Szinkron gép zárlati viszonyai. Transzformátorok az energia rendszerekben. Transzformátorok helyettesítő vázlatok, kapcsolási jel. Feszültség szabályozás. Hálózatok hibaállapotai. Hálózati elemek egyfázisú helyettesítő vázlatok. Szimmetrikus zárlatok egyszerű számítási módszerei a reaktanciák ohmos értékével. Szimmetrikus zárlatok egyszerű számítási módszerei a reaktanciák százalékos értékekkel, saját zárlati teljesítménnyel. Hálózatok hibamentes üzemállapotának jellemzői. Villamos hálózatok helyettesítése. Szimmetrikus összetevők módszerének ismertetése. Aszimmetrikus hibák számítása a szimmetrikus összetevők alkalmazásával. Hálózati elemek sorrendi impedanciái. A hálózat pozitív, negatív és zérus sorrendű helyettesítő vázlatok. Sönthibák számítása (FN, 2FN, 2F zárlatok) Soros és szimultán hibák számítása. Fogyasztók leképezése állandó impedanciával, teljesítményfelvétellel és áramfelvétellel. Szünetmentes energiaellátó-rendszerek.

Félévközi számonkérés módja és az aláírás megszerzésének feltétele:

A félév során 2 zárthelyi dolgozatot kell teljesíteni. Egy dolgozat időtartama 50 perc, pontszáma 50 pont. Megfelelt szint az össz pontszám (100 pont) 50%-a (50 pont).

Értékelése:

50%-tól aláírás. Ötfokozatú skálán: 0-50%: elégtelen, 50%-60%: elégséges, 60%-70%: közepes, 70%-80%: jó, 80% fölött: jeles. A félévközi teljesítmény alapján a jó és kiváló eredményekre megajánlott jegy szerezhető.

Kötelező irodalom:

1. Dr. Novothny, F.: Villamosenergia-ellátás I. KKM-F-1994 jegyzet.
<http://uniobuda.hu/users/tgusztav/Kozlemlenyek/Hallgatok/Villamos%20energetika%20kozso/oszes.pdf>
2. Dr. Novothny, F.: Példatár Villamosenergia-ellátás I. KKM-F-2010
3. Mohamed, E., Hawary, El.: Introduction to Electrical Power Systems. IEEE Press. p. 368. 2008.
4. Das, D.: Electrical Power Systems. 2007.

Ajánlott irodalom:

1. Henck, K., Dettmann, D.: Elektrische Energieversorgung. Braunschweig, Vieweg, 1999.
2. Dr. Rózsa, G.: Villamosenergia-ellátás Universitas-Győr Nonprofit Kft. Győr, 2009.
3. Geszti, O.: Villamosenergia-rendszerek I-II-III. Tankönyvkiadó, Budapest.

Óralátogatással kapcsolatos információk:

Az előadás és gyakorlati órák látogatásának szabályai az egyetemi HKR (50§, 5. bekezdés) szerint:

Amennyiben a hallgató az előadások esetén legalább az órák 60%-án, szemináriumok, gyakorlatok, laboratóriumi foglalkozások esetén legalább az órák 70%-án nincs jelen, és távolmaradását megfelelően igazolni nem tudja, az adott tantárgyból az aláírás véglegesen megtagadható, és a hallgató a mulasztását csak ismételt tantárgyfelvétellel pótolhatja

Egyéb megjegyzések:

-

Tantárgytematika heti bontásban nappali tagozaton

Villamosenergia-rendszerek (GEVEE210MN)

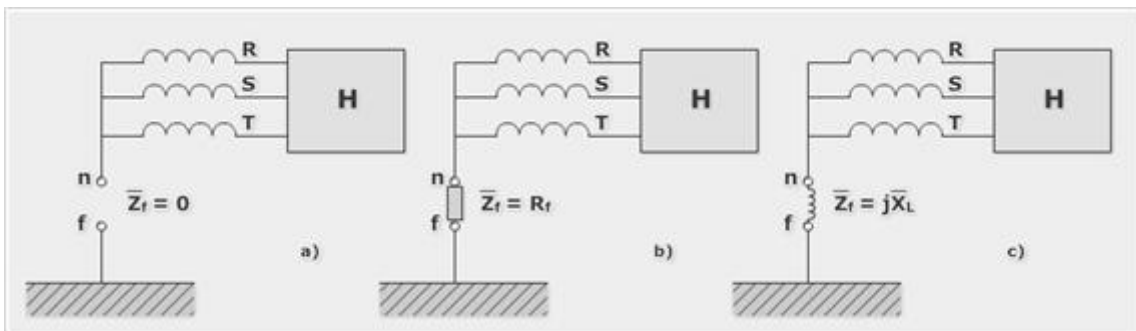
Energetikai mérnök MSc mesterszak

Hét	Előadás	Gyakorlat
1	Villamosenergia-előállítás, energiahordozók, erőművek.	Hatékonytágot jellemző paraméterek számítási módszerei.
2	A villamosenergia-termelés fő jellemzői.	Villamosenergia-termelés számítása különböző energiaforrások esetében.
3	Villamosenergia-átvitel jellemzői, szabványos rendszerei. Elosztói hálózatok.	Villamosenergia-termelés számítása különböző energiaforrások esetében.
4	Alállomás topológiák. Hálózatok csillagpont kezelési módjai.	Villamos művek és létesítmények segédenergia-ellátása.
5	Hálózati impedanciák. A hálózatok egyszerű helyettesítő vázlatai. Közös feszültség alapra redukálás.	Szabadvezeték és kábelek villamos jellemzői, induktív, kapacitív reaktancia számítása.
6	Szinkrongenerátorok az energiarendszerben. Szinkrongépek zárlati viszonyai.	Transzformátorok az energiarendszerben, helyettesítő vázlatok, kapcsolási jellemzők. Feszültség szabályozás.
7	Hálózatok hibaállapotai. Hálózati elemek egyfázisú helyettesítő vázlatai.	Szimmetrikus zárlatok egyszerű számítási módszerei a reaktanciák ohmos értékeivel.
8	Szimmetrikus zárlatok egyszerű számítási módszerei a reaktanciák százalékos értékeivel, saját zárlati teljesítménnyel.	Példafeladatok és megoldások.
9	Hálózatok hibamentes üzemállapotának jellemzői. Villamos hálózatok helyettesítése. Szimmetrikus összetevők módszere.	Aszimmetrikus hibák számítása a szimmetrikus összetevők alkalmazásával. Hálózati elemek sorrendi impedanciája
10	Üzemlátogatás, kihelyezett ipari gyakorlat	
11	Sönthibák és számítási módszereik (FFN, 2FN, „F zárlatok).	Soros és szimultán hibák számítási módszerei
12	Hálózatok hibaállapotai. Hálózati elemek egyfázisú helyettesítő vázlatai.	Szimmetrikus zárlatok egyszerű számítási módszerei a reaktanciák ohmos értékeivel.
13	Üzemlátogatás, kihelyezett ipari gyakorlat	
14	Hagyományos és megújuló energiaforrás a szünetmentes villamosenergia-ellátásban.	Laborgyakorlat, esettanulmányok.

Mintazárthelyi

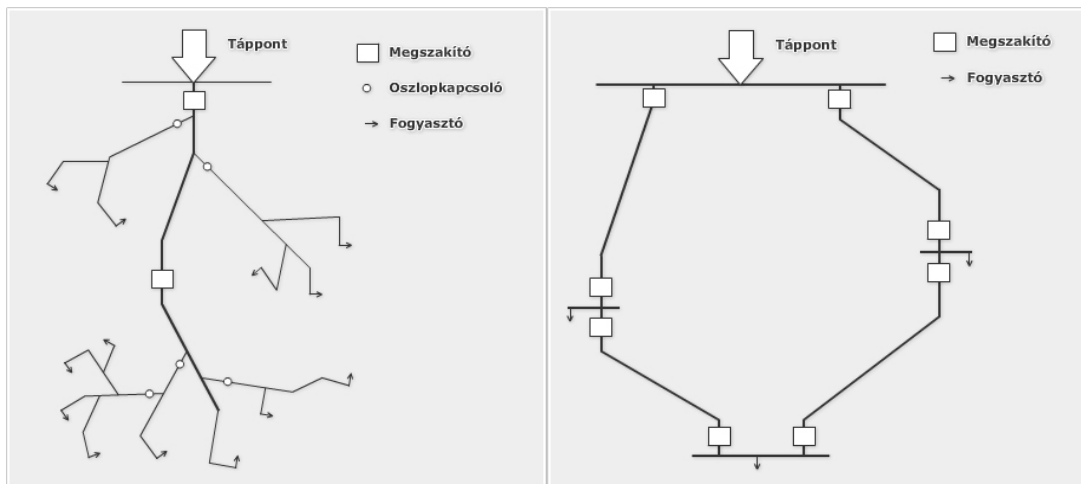
I. Zárthelyi

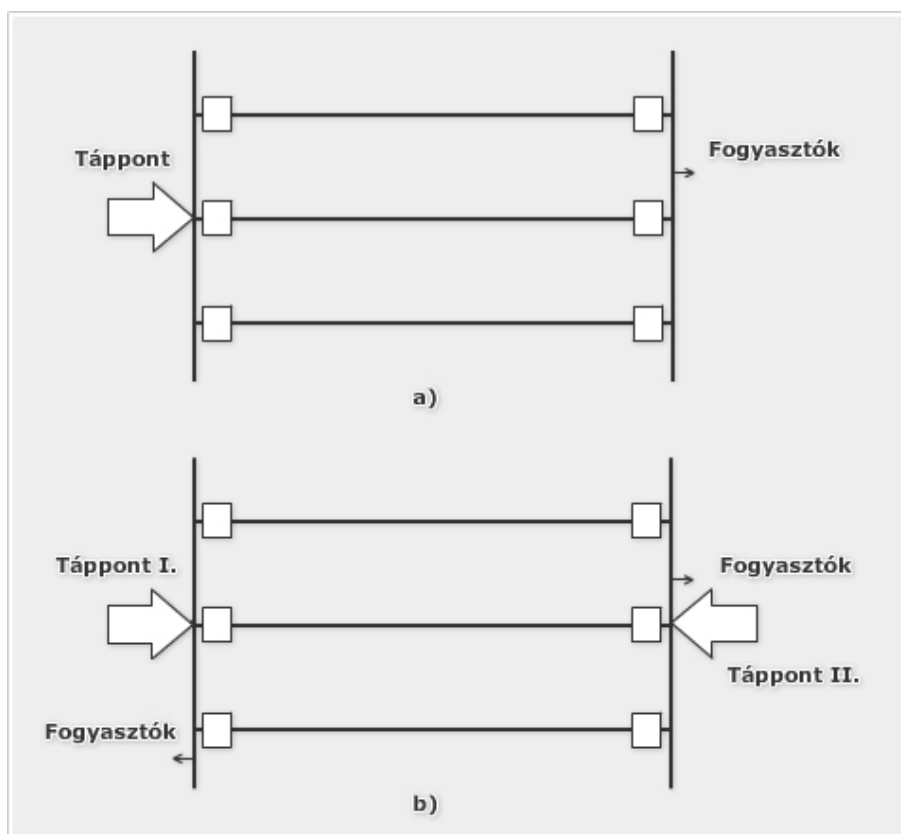
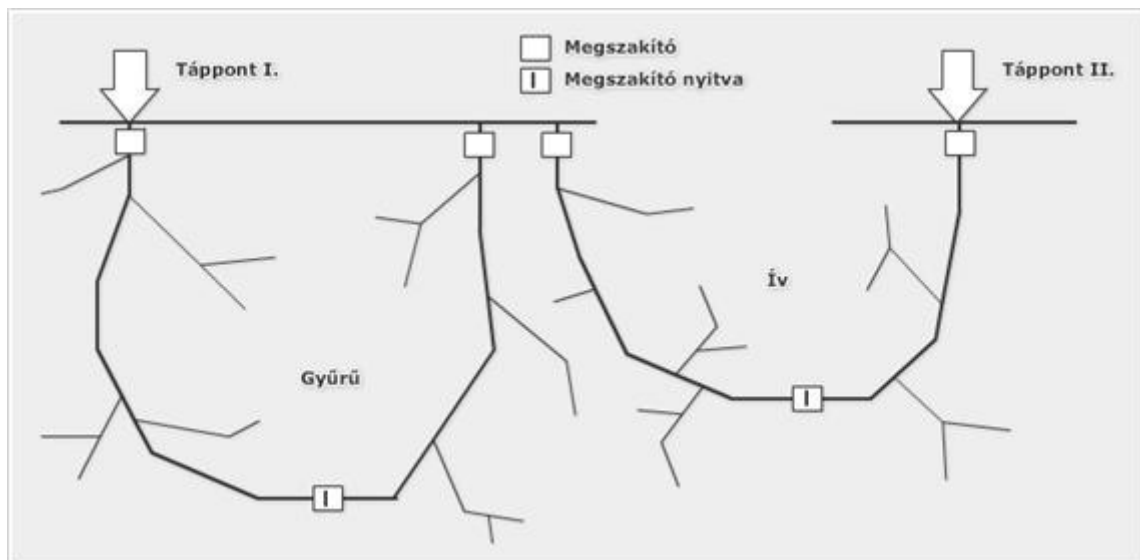
1. **Földelt csillagpontú hálózat** minden olyan hálózat, amelynek legalább egy csillagpontja a földdel közvetlenül vagy közvetve össze van kötve. A **közvetlenül** földelt csillagpontú hálózat legalább egy transzformátorának csillagpontja jól vezető, fémes összeköttetésben áll a földdel. Ez esetben tehát a csillagpont és a föld közötti földelő impedancia (\bar{Z}_f) értéke gyakorlatilag nulla. A **közvetve** földelt csillagpontú hálózatok legalább egy csillagpontja ellenálláson vagy reaktancián (fojtótekereszen) keresztül csatlakozik a földhöz. Az **ellenálláson** keresztül földelt csillagpontú hálózatok esetében tehát a földelőimpedancia véges értékű ohmos ellenállás ($\bar{Z}_f = R_f$). A **reaktancián** keresztül földelt csillagpontú hálózatok esetében pedig egy gyakorlatilag tisztán reaktív fojtótekeres ($\bar{Z}_f = j \cdot X_f = j \cdot X_L$).



2. A következők a tipikus hálózati alakzatok:

- Sugaras hálózat;
- Gyűrűs- íves hálózat;
- Körvezeték;
- Párhuzamos vezeték;
- Hurkolt hálózat.





3. **Az energiahordozó** olyan anyag vagy jelenség, amivel mechanikai munka, valamint hő állítható elő, illetve általa vegyi vagy fizikai eljárások működtethetők és/vagy fűthetők (definíció az ISO 13600 szerint).

Környezetvédelmi szempontból kiemelkedők azok, amelyek **megújulásra képesek** vagy használatuk nem akadályozza a további keletkezésüket.

Az **anyagból kinyert energia** átalakítása, illetve felhasználása **nincs térhez kötve és bármikor alkalmazható** akár a közlekedésben, iparban vagy egyéb energiafelhasználással járó tevékenységeinknél. Az ilyen energiahordozókkal környezetünkben nap mint nap találkozunk, és nagyban **megkönnyítik az életünket**.

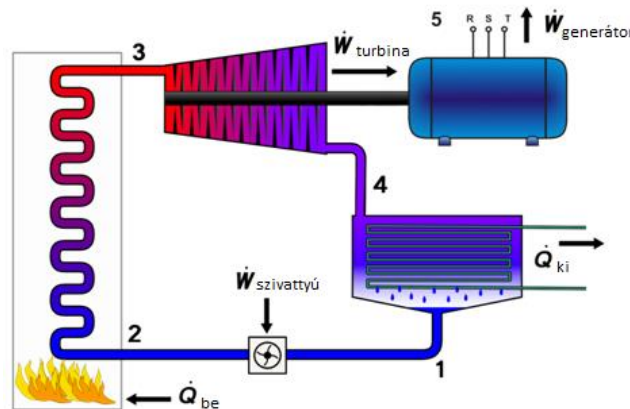
I. primer energiahordozók (természetből kinyert energiahordozók)

- Meg nem újítható fosszilis energiahordozók Pl. szén, kőolaj, földgáz;
- Primer, de nem fosszilis Pl. urán;
- Megújuló energiahordozók Pl. szél, víz, hullám erőmű, biomassa, geotermikus energia.

II. Szekunder energiahordozók (az elsődleges energiahordozók átalakításából nyerjük)

- elektromos áram;
- kőolaj lepárlás termékei közül: gázolaj (dízelolaj), benzin, petróleum, pakura;
- szénlepárlás (széngázosítás) termékei: koksz, széngáz;
- sűrített levegő;
- hidrogén.

4.



Jelölés	Jelentése
\dot{Q}_{be}	tüzelőanyaggal bevitt hőteljesítmény
$\dot{W}_{turbina}$	turbina mechanikai teljesítménye
$\dot{W}_{generátor}$	generátor teljesítménye
\dot{Q}_{ki}	kivett hőteljesítmény
$\dot{W}_{szivattyú}$	szivattyút teljesítmény

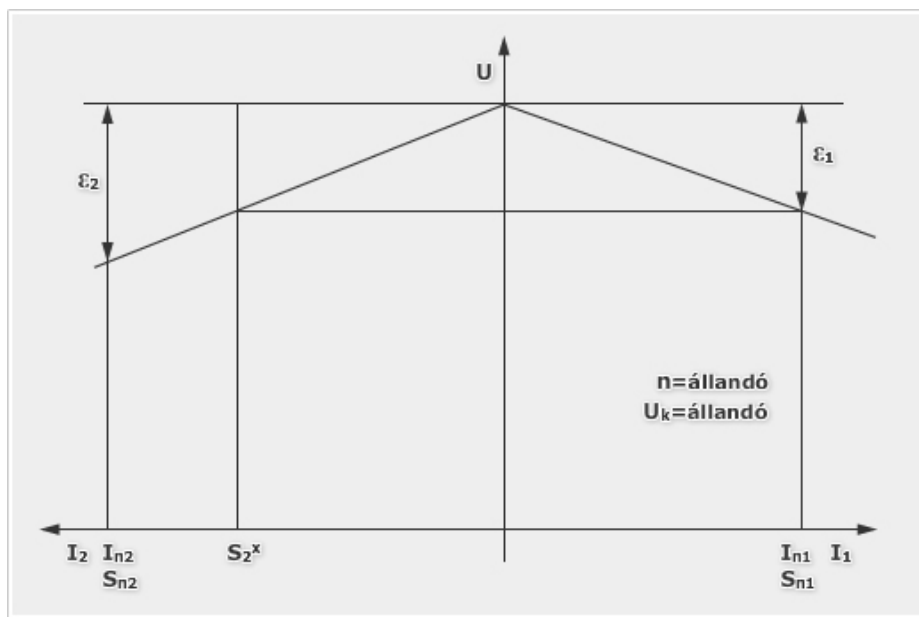
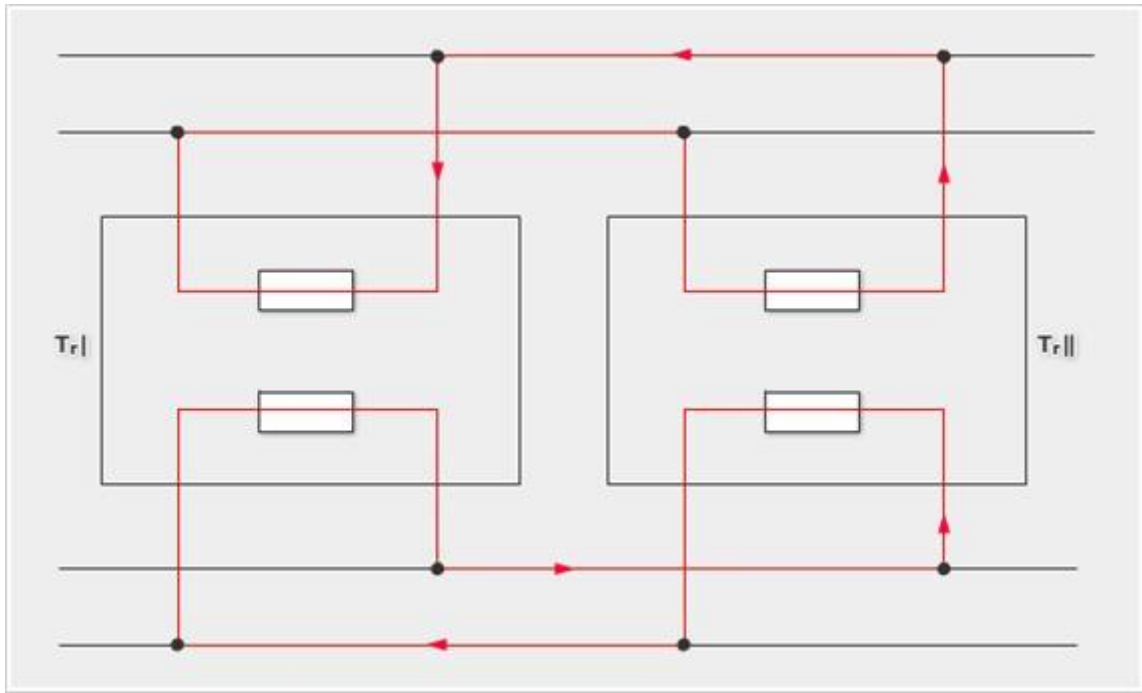
II. Zárthelyi

1. Párhuzamos üzemhez az alábbiaknak kell teljesülni:

1. Nincs kiegyenlítő áram a párhuzamosan kapcsolt transzformátorok között.
2. Terhelés a transzformátorok között névleges teljesítményeik arányában oszlik meg.

Ezek a feltételek akkor teljesülnek ha:

1. Primer és szekunder névleges feszültségek megegyeznek, azonos az áttétel ($a_I = a_U$)
2. Fázisfeszültségek azonos fázisúak (kapcsolási csoport azonos)
3. A transzformátorok százalékos rövidzárási feszültségei egyenlők (azonos drop) $\epsilon_I = \epsilon_U$



2.

Megállapítások

- A \pm és \pm sorrendű összetevők a fázisokon belül záródnak, $1 + a + a^2 = 0$
- 0 sorrendű összetevő csak külső visszavezetés esetén alakulhat ki, amelyen $3\bar{I}_0 = \bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c$ folyik
- \pm sorrendű áram a gépek forgórészében többletvesztést okoz
- 0 sorrendű áram a vezeték-föld hurokban fesz. indukál, földeléseken pot.emelkedést okoz
- 0 sorrendű fesz. a vonalokban nem jelentkezik, a fázisoknál cs.p. eltolódást, így alapharmonikus túlfesz.-t okoz

Szimmetrikus összetevők módszerének alkalmazásakor

- a 3 aszimmetrikus áramot (és/vagy feszültséget) a 3 szimmetrikus összetevőjével adjuk meg,
- a háromfázisú csatolt hálózatot a 3 szimmetrikus rendszerre vonatkozó egyfázisú sorrendi hálózatokkal helyettesítjük és az ezekre vonatkozó három, egymással nem csatolt, komplex egyenletet oldjuk meg,
- a megoldásként kapott szimmetrikus összetevőkből előállítjuk a fázismennyiségeket.

3.

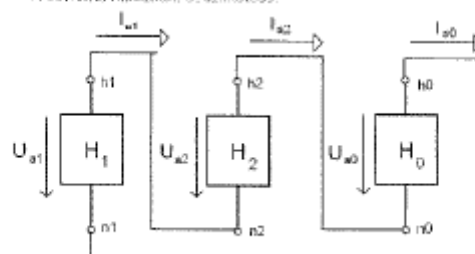
A hibahelyre érvényes feltételek: $\bar{U}_a = 0$ illetve $\bar{I}_b = 0$ és $\bar{I}_c = 0$

Az első feltétel alapján felírható, hogy $\bar{U}_{a0} + \bar{U}_{a1} + \bar{U}_{a2} = 0$

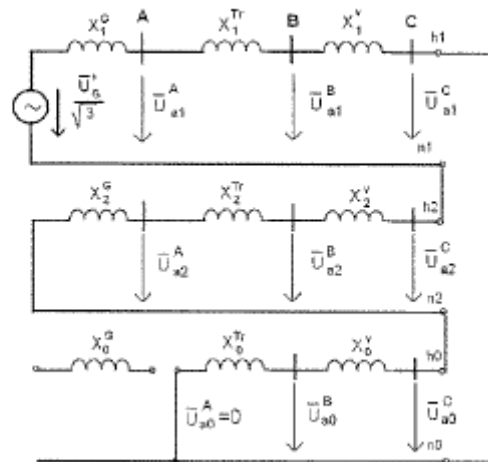
Az áramokra érvényes feltétel alapján: $\bar{I}_{a0} = \bar{I}_{a1} = \bar{I}_{a2} = \frac{\bar{I}_a}{3}$ ($\bar{I}_{012} = \underline{A}^{-1} \cdot \bar{I}_{abc}$)

A sorrendi hálózatokat a hibahelyen sorba kell kapcsolni:

A sorrendi hálózatok összekötése:



A helyettesítő kapcsolási vázlat:



A generátor feszültsége a hibahelyi feszültség szinten:

$$U'_G = U_{n0} \cdot \frac{U_{TKS}}{U_{TNP}} = 10,5 \cdot \frac{132}{10,5} = 132 \text{ kV}$$

A pozitív sorrendű hálózat reaktanciái a hibahelyi feszültség szintre vonatkoztatva:

$$X_{e1}^G = \frac{\varepsilon'_G}{100} \cdot \frac{U'_G{}^2}{S_{nG}} = \frac{15,4}{100} \cdot \frac{132^2}{50} = 53,7 \Omega$$

$$X_{e1}^{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U'_{TK}{}^2}{S_{nTR}} = \frac{8}{100} \cdot \frac{132^2}{20} = 69,7 \Omega$$

$$X_{e1}^Y = x_v \cdot L_v = 0,4 \cdot 60 = 24 \Omega$$

A negatív sorrendű hálózat reaktanciái a hibahelyi feszültség szintre vonatkoztatva:

$$X_{e2}^G = \frac{\varepsilon'_G}{100} \cdot \frac{U'_G{}^2}{S_{nG}} = \frac{9,6}{100} \cdot \frac{132^2}{50} = 33,5$$

$$X_{e2}^{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U'_{TK}{}^2}{S_{nTR}} = \frac{8}{100} \cdot \frac{132^2}{20} = 69,7 \Omega$$

$$X_{e2}^Y = x_v \cdot L_v = 0,4 \cdot 60 = 24 \Omega$$

A zérus sorrendű hálózat reaktanciái a hibahelyi feszültség szintre vonatkoztatva:

$$X_{e0}^Y = 3 \cdot X_{e1}^Y = 3 \cdot 24 = 72 \Omega$$

$$X_{e0}^{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U'_{TK}{}^2}{S_{nTR}} = \frac{8}{100} \cdot \frac{132^2}{20} = 69,7 \Omega$$

A sorrendi hálózatok eredő reaktanciái:

$$X_{e1} = X_{e1}^G + X_{e1}^{TR} + X_{e1}^Y = 53,7 + 69,7 + 24 = 147,4 \Omega$$

$$X_{e2} = X_{e2}^G + X_{e2}^{TR} + X_{e2}^Y = 33,5 + 69,7 + 24 = 127,2 \Omega$$

$$X_{e0} = X_{e0}^{TR} + X_{e0}^Y = 69,7 + 72 = 141,7 \Omega$$

Az eredő reaktancia:

$$X_e = X_{e1} + X_{e2} + X_{e0} = 416,3 \Omega$$

A zárlati áram sorrendi összetevői:

$$\vec{I}_{a1} = \frac{U'_G}{\sqrt{3} \cdot jX_e} = \frac{132}{\sqrt{3} \cdot j416,3} = -j0,183 \text{ kA}$$

A különböző sorrendi összetevők:

$$\bar{I}_{a2} = \bar{I}_{a0} = \bar{I}_{a1} = -j0,183 \text{ kA}$$

Az „a” fázis árama a hibahelyen: $\bar{I}_a = -j0,549 \text{ kA}$

A gyűjtősinek feszültségeinek meghatározása:

A sorrendi feszültségek a „C” gyűjtősínen:

$$\bar{U}_{a1}^C = \frac{U_G}{\sqrt{3}} - (\bar{I}_{a1} \cdot jX_{c1}) = \frac{132}{\sqrt{3}} - (-j0,183 \cdot j147,4) =$$

$$\bar{U}_{a2}^C = -(\bar{I}_{a2} \cdot jX_{c2}) = -(-j0,183 \cdot j127,2) =$$

$$\bar{U}_{a0}^C = -(\bar{I}_{a0} \cdot jX_{c0}) = -(-j0,183 \cdot j127,2) =$$

Az aszimmetrikus feszültségrendszer fázisfeszültségei: $\boxed{\bar{U}_{\text{mátrix}} = \underline{A} \cdot \bar{U}_{\text{mátrix}}}$

$$\bar{U}_a^C = \bar{U}_{a0}^C + \bar{U}_{a1}^C + \bar{U}_{a2}^C = -25,9 + 49,2 - 23,3 = 0$$

$$\bar{U}_b^C = \bar{U}_{a0}^C + \bar{a}^2 \cdot \bar{U}_{a1}^C + \bar{a} \cdot \bar{U}_{a2}^C = -25,9 + (-0,5 - j0,866) \cdot 49,2 - (-0,53 + j0,866) \cdot 23,3 =$$

$$\bar{U}_c^C = \bar{U}_{a0}^C + \bar{a} \cdot \bar{U}_{a1}^C + \bar{a}^2 \cdot \bar{U}_{a2}^C = -25,9 + (-0,5 + j0,866) \cdot 49,2 - (-0,53 - j0,866) \cdot 23,3 =$$

A fázisfeszültségek abszolút értékei:

$$|\bar{U}_a^C| = 0 \text{ kV} \quad |\bar{U}_b^C| = 73,9 \text{ kV} \quad |\bar{U}_c^C| = 73,9 \text{ kV}$$

A sorrendi feszültségek a „B” gyűjtősínen:

$$\bar{U}_{a1}^B = \frac{U_G}{\sqrt{3}} - \bar{I}_{a1} \cdot j(X_{c1} + X_{c2}) = \frac{132}{\sqrt{3}} - (-j0,183) \cdot j(53,5 + 69,7) =$$

$$\bar{U}_{a2}^B = -(\bar{I}_{a2}) \cdot j(X_{c2} + X_{c1}) = -(-j0,183) \cdot j(33,5 + 69,7) =$$

$$\bar{U}_{a0}^B = -\bar{I}_{a0} \cdot jX_{c0} = -(-j0,183) \cdot j69,7 =$$

Ezek alapján a „B” gyűjtősín fázis feszültségei:

$$\bar{U}_a^B = \bar{U}_{a0}^B + \bar{U}_{a1}^B + \bar{U}_{a2}^B = -12,78 + 53,2 - 18,89 = 21,95 \text{ kV}$$

$$\bar{U}_b^B = \bar{U}_{a0}^B + \bar{a}^2 \cdot \bar{U}_{a1}^B + \bar{a} \cdot \bar{U}_{a2}^B = -12,78 + (-0,5 - j0,866) \cdot 53,2 - (-0,5 + j0,866) \cdot 18,89 =$$

$$\bar{U}_c^B = \bar{U}_{a0}^B + \bar{a} \cdot \bar{U}_{a1}^B + \bar{a}^2 \cdot \bar{U}_{a2}^B = -12,78 + (-0,5 + j0,866) \cdot 53,2 - (-0,5 - j0,866) \cdot 18,89 =$$

A fázisfeszültségek abszolút értékei:

$$|\bar{U}_a^B| = 21,95 \text{ kV} \quad |\bar{U}_b^B| = 69,65 \text{ kV} \quad |\bar{U}_c^B| = 69,65 \text{ kV}$$

A sorrendi feszültségek a „A” gyűjtősínen:

$$\bar{U}_{a1}^A = \frac{U_G}{\sqrt{3}} - (\bar{I}_{a1} \cdot jX_{c1}) = \frac{132}{\sqrt{3}} - (-j0,183 \cdot j53,67) =$$

$$\bar{U}_{a2}^A = -(\bar{I}_{a2} \cdot jX_{c2}) = (-j0,183 \cdot j33,45) =$$

$$\bar{U}_{a0}^A = 0 \text{ kV}$$

A transzformátor Yd11 kapcsolású, a fázisforgatás mértéke 30° , így a szimmetrikus összetevők az „A” gyűjtősínen:

$$\bar{U}_{a1}^A = \frac{10,5}{132} \cdot \bar{U}_{a1}^A \cdot e^{j\frac{\pi}{6}} = (4,57 + j2,64) \text{ kV}$$

$$\bar{U}_{a2}^A = \frac{10,5}{132} \cdot \bar{U}_{a2}^A \cdot e^{-j\frac{\pi}{6}} = (-0,42 + j0,24) \text{ kV}$$

$$\bar{U}_{a0}^A = 0 \text{ kV}$$

Az „A” gyűjtősin fázisfeszültségének értékei:

$$\vec{U}_a^A = \vec{U}_{a0}^A + \vec{U}_{a1}^A + \vec{U}_{a2}^A = 0 + 4,453 + j2,64 - 0,42 + j0,24 =$$

$$\vec{U}_b^A = \vec{U}_{a0}^A + \vec{a}^2 \cdot \vec{U}_{a1}^A + \vec{a} \cdot \vec{U}_{a2}^A = 0 + (-0,5 - j0,866) \cdot (4,57 + j2,64) +$$

$$+ (-0,5 + j0,866) \cdot (-0,42 + j0,24) = -j5,77 \text{ kV}$$

$$\vec{U}_c^A = \vec{U}_{a0}^A + \vec{a} \cdot \vec{U}_{a1}^A + \vec{a}^2 \cdot \vec{U}_{a2}^A = 0 + (-0,5 + j0,866) \cdot (4,57 + j2,64) +$$

$$+ (-0,5 - j0,866) \cdot (-0,42 + j0,24) =$$

A fázisfeszültségek abszolút értékei:

$$|\vec{U}_a^A| = 5,05 \text{ kV} \quad |\vec{U}_b^A| = 5,77 \text{ kV} \quad |\vec{U}_c^A| = 5,05 \text{ kV}$$

(A generátor fázisfeszültségének névleges értéke: $U_{GN} = 6,06 \text{ kV}$.)

A generátor fázisáramok szimmetrikus összetevőinek értéke:	$\vec{I}_{a1}^G = \frac{132}{10,5} \cdot \vec{I}_{a1} \cdot e^{j\frac{\pi}{6}} = (1,15 - j1,99) \text{ kA}$
	$\vec{I}_{a2}^G = \frac{132}{10,5} \cdot \vec{I}_{a2} \cdot e^{-j\frac{\pi}{6}} = (-1,15 - j1,99) \text{ kA}$
	$\vec{I}_{a0}^G = 0$

Ezek alapján a tényleges fázisáramok:

$$\vec{I}_a^G = \vec{I}_{a0}^G + \vec{I}_{a1}^G + \vec{I}_{a2}^G = 0 + 1,15 - j1,99 - 1,15 - j1,99 = (-j3,98) \text{ kA}$$

$$\vec{I}_b^G = \vec{I}_{a0}^G + \vec{a}^2 \cdot \vec{I}_{a1}^G + \vec{a} \cdot \vec{I}_{a2}^G = 0 + (-0,5 - j0,866) \cdot (1,15 - j1,99) +$$

$$+ (-0,5 + j0,866) \cdot (-1,15 - j1,99) = 0 \text{ kA}$$

$$\vec{I}_c^G = \vec{I}_{a0}^G + \vec{a} \cdot \vec{I}_{a1}^G + \vec{a}^2 \cdot \vec{I}_{a2}^G = 0 + (-0,5 + j0,866) \cdot (1,15 - j1,99) +$$

$$+ (-0,5 - j0,866) \cdot (-1,15 - j1,99) = (+j3,98) \text{ kA}$$

A fázisáramok abszolút értékei:

$$|\vec{I}_a^G| = 3,98 \text{ kA} \quad |\vec{I}_b^G| = 0 \text{ kA} \quad |\vec{I}_c^G| = 3,98 \text{ kA}$$

Mintavizsga

A vizsga típusa szóbeli elbeszélgetés a féléves tananyagból.