

Tantárgyi kommunikációs dosszié



Villamosenergia-ellátás

GEVEE514B és GEVEE514BL

Villamosmérnök

BSc alapszak

Villamos energetika

specializáció

Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Elektrotechnikai és Elektronikai Intézet

Tantárgy neve: VILLAMOSENERGIA-ELLÁTÁS	Tantárgy neptun kódja: GEVEE514B, GEVEE514BL Tárgyfelelős intézet: EEI Tantárgyelem: Specializáción kötelező
Tárgyfelelős: Dr. Bodnár István, egyetemi adjunktus	
Javasolt félév: 5	Előfeltétel: GEVEEE503B, GEVEE503BL
Óraszám/hét: nappalin: 2 ea / 2 gy / 0 lab / 14 hét levelezőn: 12 ea / 0 gy / 0 lab / 14 hét	Számonkérés módja: Kollokvium Kreditpont: 5 kredit Tagozat: Nappali és Levelező
<p>Tantárgy feladata és célja: Megismertetni a villamosenergia-termelés, szállítás és felhasználás eszközeit és jellemzőit, valamint a hálózat soros és sönthibáit, a számítási elveket és módszereket.</p> <p>Tudás: Ismeri a villamosmérnöki szakterület műveléséhez szükséges általános és specifikus matematikai, természet- és társadalomtudományi elveket, szabályokat, összefüggéseket, eljárásokat. Ismeri a villamosmérnöki szakterület legfontosabb elméleteit, összefüggéseit és ezek terminológiáját. Ismeri a villamosmérnöki szakterület ismeret- és tevékenységrendszerének alapvető tényeit, határait, korlátait. Ismeri a villamosmérnöki szakterületen használt tervezési elveket. Ismeri az elektronika, az infokommunikáció, az irányítástechnika, az elektronikai technológia és a villamos energetika alapvető tervezési elveit, módszereit és eljárásait. Ismeri a villamos szakterületen használt berendezések, eszközök működési elveit, szerkezeti egységeit. Ismeri a villamos szakterületen használatos mérési eljárásokat, azok eszközeit, műszereit, mérőberendezéseit. Ismeri a villamosmérnöki szakterület tanulási, ismeretszerzési, adatgyűjtési módszereit, azok etikai korlátait és problémamegoldó technikáit.</p> <p>Képesség: Képes a villamos és nem villamos mérési módszerek elveinek gyakorlati alkalmazására. Képes főbb villamosipari anyagok és technológiák felhasználását igénylő feladatok megoldására. Képes a villamosenergia-ellátás, -tárolás és -átalakítás folyamatához kapcsolódó feladatok megoldására. Alkalmazni tudja a villamos gyártmányokhoz és gyártmányfejlesztésekhez kapcsolódó számítási, modellezési elveket és módszereket. Képes értelmezni és jellemezni a villamos rendszerek szerkezeti egységeinek, elemeinek felépítését, működését, az alkalmazott rendszerelemek kialakítását és kapcsolatát. Képes alkalmazni a villamos rendszerek üzemeltetéséhez kapcsolódó műszaki előírásokat, a villamos berendezések beállításának, üzemeltetésének elveit és gazdaságossági összefüggéseit. Képes a szakterületének jellemző online és nyomtatott szakirodalmának feldolgozására magyar és idegen nyelven, és annak mérnöki feladatokra való felhasználására. Gyakorlati tevékenységek elvégzéséhez megfelelő kitartással rendelkezik.</p> <p>Attitűd: A megszerzett villamosmérnöki ismeretei alkalmazásával törekszik a megfigyelhető jelenségek minél alaposabb megismerésére, törvényszerűségeinek leírására, megmagyarázására. Betartja a munkavégzés és munkavállalás jogi szabályrendszerét. Elkötelezett a minőségi követelmények betartására és betartatására. Betartja és betartatja a szakterületéhez kapcsolódó munka- és tűzvédelmi, biztonságtechnikai követelményeket, törekszik arra, hogy önképzése a villamosmérnöki szakterületen folyamatos és szakmai céljaival megegyező legyen. Megosztja tapasztalatait munkatársaival. Törekszik a jogkövető magatartásra és az etikai szabályok figyelembevételére. Elkötelezett az egészség- és biztonságkultúra, az egészségfejlesztés iránt.</p> <p>Autonomia és felelősség: Önállóan képes szakterületén átfogó, megalapozó szakmai kérdések értelmezésére. Villamosmérnöki feladatok megoldása során önállóan választja ki és alkalmazza a releváns problémamegoldási módszereket. Munkahelyi vezetőjének útmutatása alapján irányítja a rábízott személyi állomány munkavégzését, felügyeli a gépek, berendezések üzemeltetését. Figyel beosztottjai szakmai fejlődésének előmozdítására, ilyen irányú törekvéseik kezelésére és segítésére. Értékeli a beosztottak munkavégzésének hatékonyságát, eredményességét és biztonságosságát.</p>	

Tárgy tematikus leírása:

Villamosenergia előállítása, 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 (Nappali):

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).

Félévközi számonkérés módja és az aláírás megszerzésének feltétele (Levelező):

A félév során 1 zárthelyi dolgozatot kell teljesíteni. A dolgozat időtartama 100 perc, pontszáma 100 pont. Az aláírás feltétele a zárthelyi legalább 50%-os teljesítése (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. KKMF-1994 jegyzet.
http://uniobuda.hu/users/tgusztav/Kozlemenyek/Hallgatok/Villamos%20energetika%20kozos/os_szes.pdf
2. Dr. Novothny, F.: Példatár Villamosenergia-ellátás I. KKMF-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 University-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-ellátás (GEVEE514B)

Villamosmérnök BSc alapszak, villamos energetika specializáció

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 vázlatok. 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 vázlatok.	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 vázlatok.	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.

Tantárgytematika heti bontásban levelező tagozaton

Villamosenergia-ellátás (GEVEE514BL)

Villamosmérnök BSc alapszak, villamos energetika specializáció

Óra	Előadás
1-4	Villamosenergia-előállítása, energiahordozók, erőművek. Hatékonyságot jellemző paraméterek számítási módszerei. A villamosenergia-termelés fő jellemzői. Villamosenergia-átvitel jellemzői, szabványos rendszerei. Elosztói hálózatok. Alállomás topológiák. Hálózatok csillagpont kezelési módjai.
5-8	Hálózati impedanciák. A hálózatok egyszerű helyettesítő vázlatai. Közös feszültség alakra redukálás. Szinkrongenerátorok az energiarendszerben. Szinkrongépek zárlati viszonyai. Hálózatok hibaállapotai. Hálózati elemek egyfázisú helyettesítő vázlatai. Szimmetrikus zárlatok egyszerű számítási módszerei a reaktanciák százalékos értékeivel, saját zárlati teljesítménnyel.
9-12	Hálózatok hibamentes üzemállapotának jellemzői. Villamos hálózatok helyettesítése. Szimmetrikus összetevők módszere. Sönthibák és számítási módszereik (FFN, 2FN, „F zárlatok). Hálózatok hibaállapotai. Hálózati elemek egyfázisú helyettesítő vázlatai. Példafeladatok és megoldások.

Mintazárthelyi

I. Zárthelyi

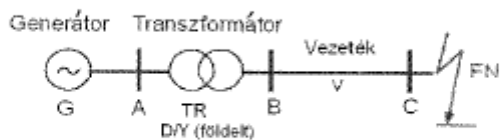
1. Ismertesse a hálózatok csillagpont-kezelési módszereit!
2. Mutassa be a különböző feszültségű hálózatok topológiáit!
3. Csoportosítsa és jellemezze az energiahordozókat!
4. Vázolja a gőzturbinás erőművek kapcsolási sémáját!

II. Zárthelyi

1. Ismertesse a transzformátorok párhuzamos kapcsolását!
2. Ismertesse a szimmetrikus összetevők módszerét!
3. Oldja meg a következő feladatot!

Egyfázisú földrövidzárlat (FN) számítása

Mekkora a az alábbi hálózatban folyó zárlati áram, ha a „C” gyűjtősínen az „a” fázisban egyfázisú földrövidzárlat lép fel. Mekkora a gyűjtősínek feszültségei.



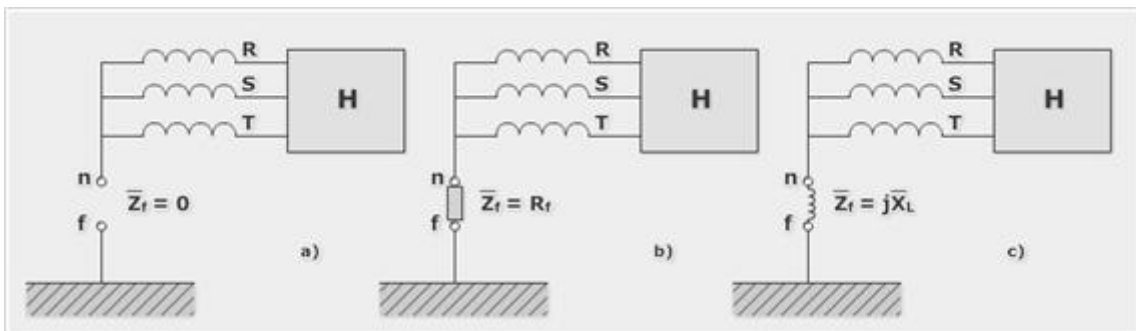
	U_n [kV]	S_n [MVA]	ε_d^+ [%]	ε_d^- [%]	ε_d [%]	ε [%]
G	10,5	50	15,4	9,8	212	—
TR	132/10,5	20	—	—	—	8

A vezeték adatai: $x=0,4$ ohm/km $L=60$ km

Mintazárthelyi megoldása

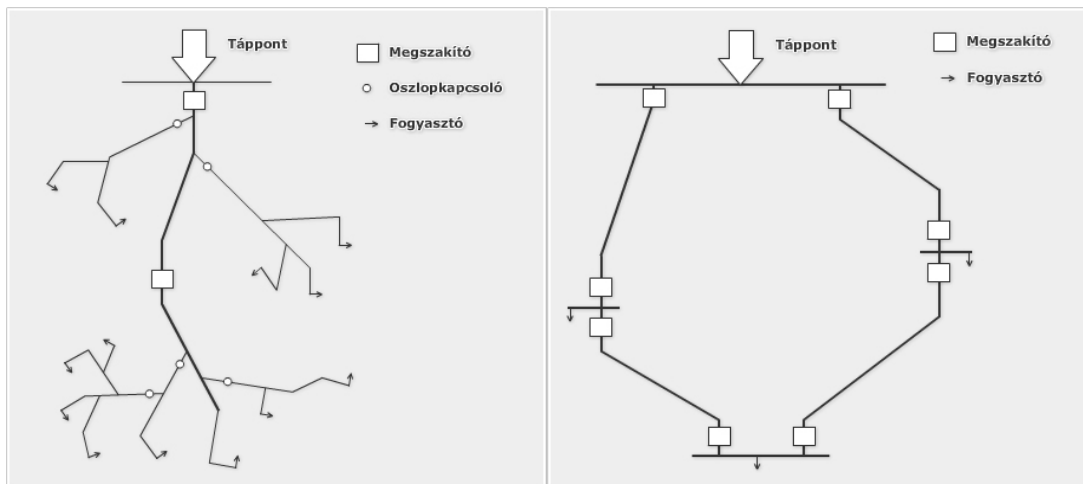
I. Zárthelyi

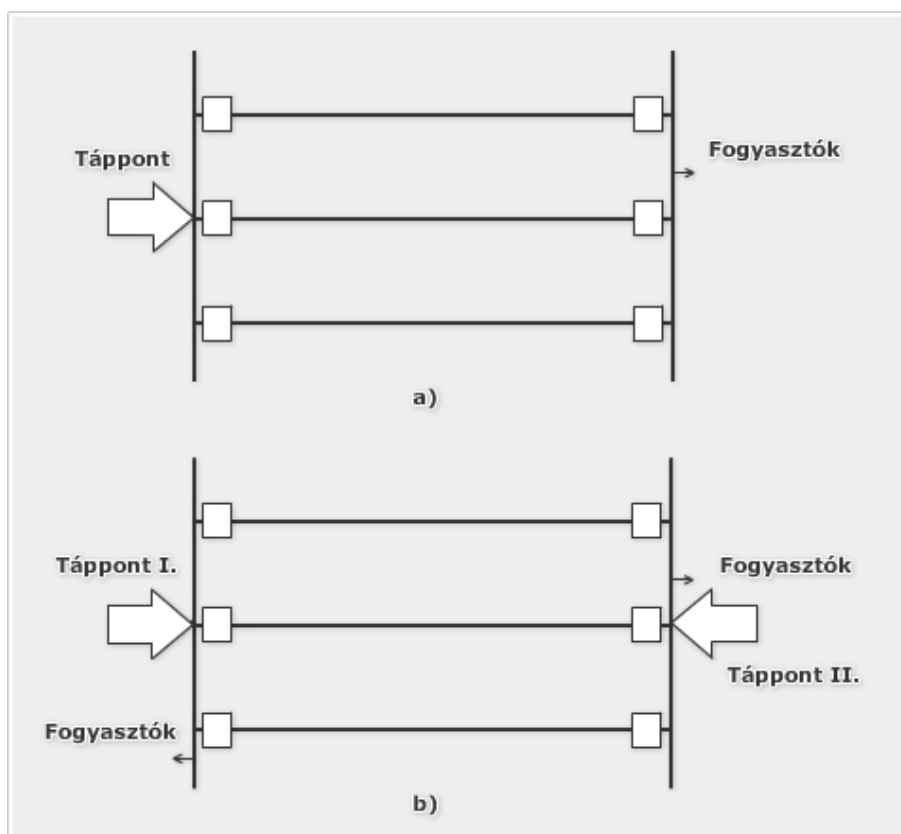
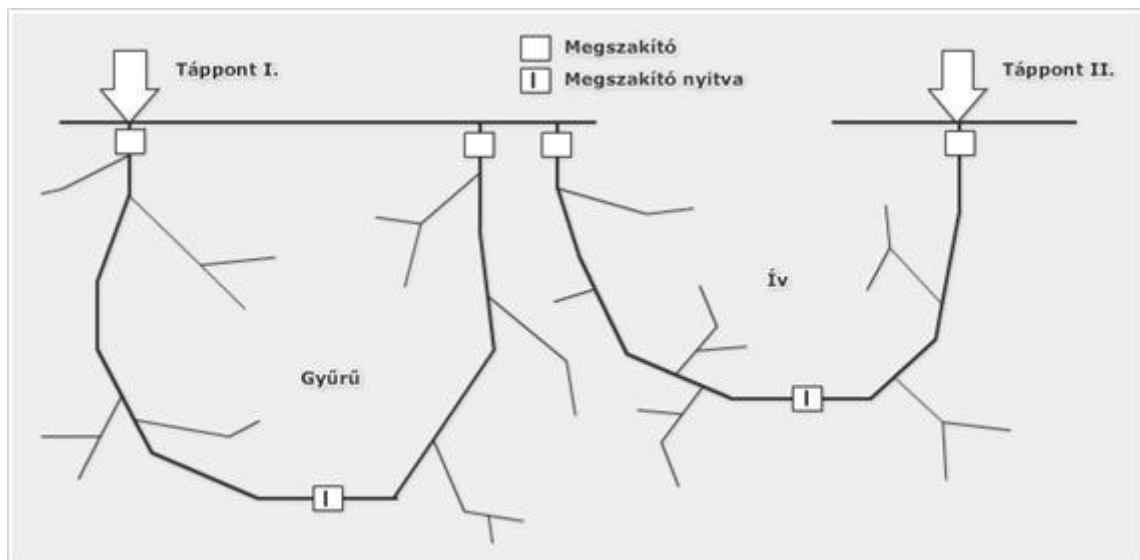
1. **Földelt csillagpontú hálózat** minden olyan hálózat, amelynek legalább egy csillagpontja a földdel közvetlenül vagy közvetve össze van kötve. A **közvetlenül** földelt csillagpontú hálózat legalább egy transzformátorának csillagpontja jól vezető, fémes összeköttetésben áll a földdel. Ez esetben 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 (fojtótekeresen) 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**.

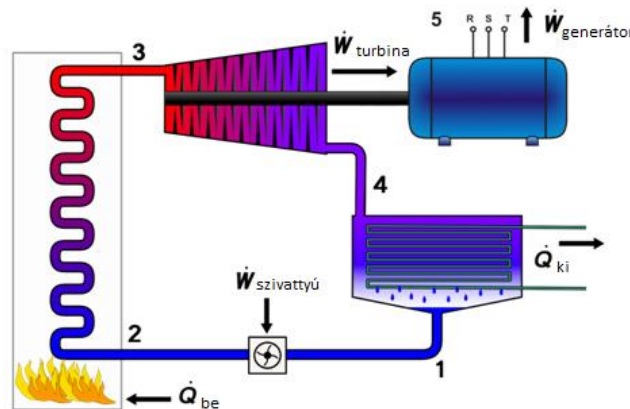
I. primer energiahordozók (természetből kinyert energiahordozók)

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

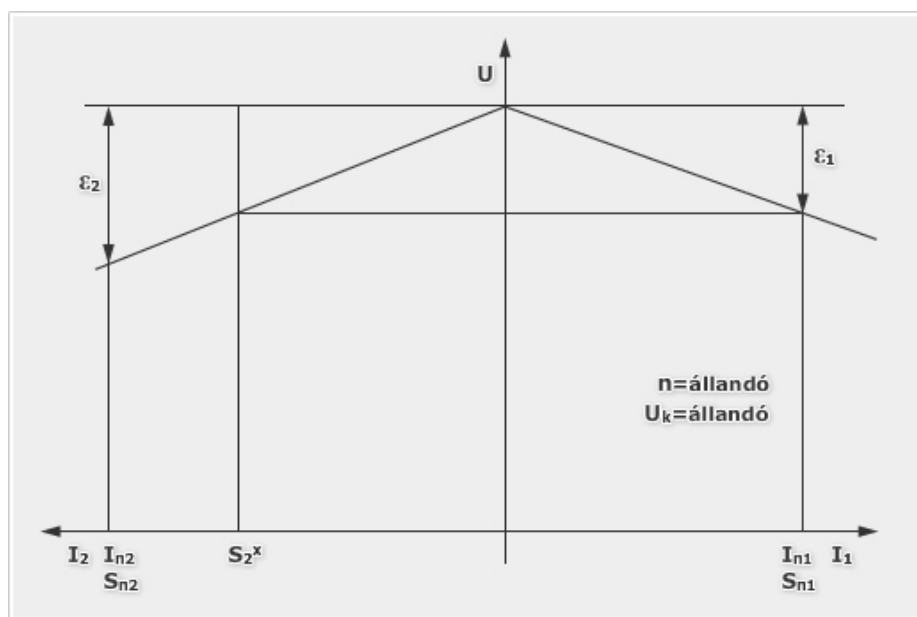
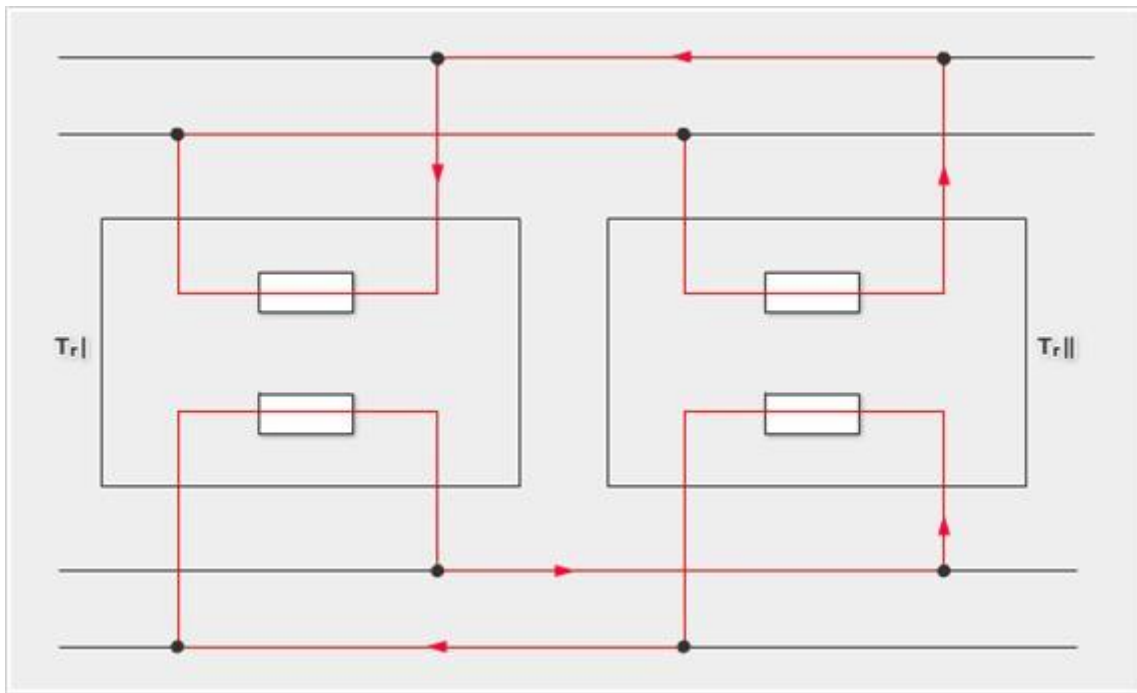
II. Zárthelyi

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 $\underline{}$ sorrendű összetevők a fázisokon belül záródnak, $1 + \bar{a} + \bar{a}^2 = 0$
- $\underline{}$ sorrendű összetevő csak külső visszavezetés esetén alakulhat ki, amelyen ${}^3\bar{I}_0 = \bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c$ folyik
- $\underline{}$ sorrendű áram a gépek forgórészében többletvesztést okoz
- $\underline{}$ sorrendű áram a vezeték-föld hurokban fesz. indukál, földeléseken pot.emelkedést okoz
- $\underline{}$ 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.

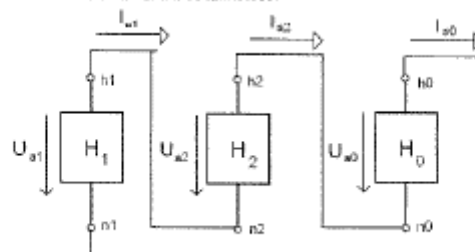
A hibahelyre érvényes feltételek: $\bar{U}_a = 0$ illetve $\bar{I}_b = 0$ és $\bar{I}_c = 0$

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

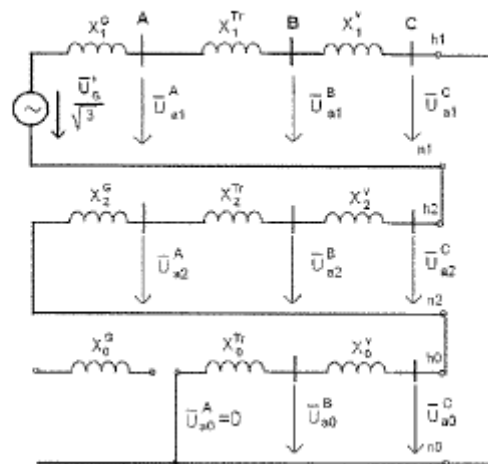
Az áramokra érvényes feltétel alapján: $\bar{I}_{a0} = \bar{I}_{a1} = \bar{I}_{a2} = \frac{\bar{I}_a}{3}$ ($\bar{I}_{012} = \underline{\underline{A}}^{-1} \cdot \bar{I}_{abc}$)

A sorrendi hálózatokat a hibahelyen sorba kell kapcsolni:

A sorrendi hálózatok összekötése:



A helyettesítő kapcsolási vázlat:



A generátor feszültsége a hibahelyi feszültségszinten:

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

A pozitív sorrendű hálózat reaktanciái a hibahelyi feszültségszintre vonatkoztatva:

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

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

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

A negatív sorrendű hálózat reaktanciái a hibahelyi feszültségszintre vonatkoztatva:

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

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

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

A zérus sorrendű hálózat reaktanciái a hibahelyi feszültségszintre 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 gyűjtősínek 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: $\boxed{U_{\text{max}} = A \cdot U_{\text{min012}}}$

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

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

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

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:

$$\bar{U}_{a1}^B = \frac{U_G}{\sqrt{3}} - \bar{I}_{a1} \cdot j(X_{c1}^0 + X_{c1}^{\text{TK}}) = \frac{132}{\sqrt{3}} - (-j0,183) \cdot j(53,5 + 69,7) =$$

$$\bar{U}_{a2}^B = -(\bar{I}_{a2}) \cdot j(X_{c2}^0 + X_{c2}^{\text{TK}}) = -(-j0,183) \cdot j(33,5 + 69,7) =$$

$$\bar{U}_{a0}^B = -\bar{I}_{a0} \cdot jX_{c0}^0 = -(-j0,183) \cdot j69,7 =$$

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.