

Terem és ülőhely:..... NÉV:.....

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

Osztályozás: 40% alatt: 1, 40..54%: 2, 55%-69%: 3, 70%-84%: 4, 85%-tól: 5.

Ha bármely feladat eredménye kisebb, mint a feladatra adható összpontszám 40%-a, akkor az a feladat automatikusan 0 pontot ér.

Vizsgákon az első feladat "beugró" jellegű, tíz alfeladatból áll. Ha ezen első ("beugró") feladat eredménye <40%, akkor az összes többi feladat automatikusan 0 pontot ér.

Ellenőrizték, hogy minden feladatlapot megkaptak-e! Utólagos reklamációt nem fogadunk el.

1. feladat**10x1 pont****1.1.** Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A SAIFI mérőszám a kiesések átlagos időtartamát fejezi ki.	HAMIS
Feszültségletörésről akkor beszélünk, ha a feszültség effektív értéke a névleges érték 10%-a és 90%-a közé csökken.	IGAZ
A THD _U mérőszám azt fejezi ki, hogy a feszültség jelalak mennyire tér el az 50 Hz-es szinusztól, azaz mennyi a felharmonikus tartalma.	IGAZ

1.2. Mekkora csatlakozási teljesítményhatárok választják el egymástól a termelői engedélyes / kiserőművi engedélyes / háztartási méretű kiserőmű kategóriákat?

50 kW és 5 kW

500 kW és 5 kW

50 MW és 50 kW

50 MW és 500 kW

1.3 Egy 20/0,4 kV névleges feszültségű transzformátor adatai a következők: Sn = 160 kVA, P_{üj} = 300 W, Pr_z = 2000 W. A transzformátoron névleges feszültség mellett 80 kVA teljesítmény áramlik. Mekkora veszteségi teljesítmény keletkezik a transzformátorban?

$$P_{\text{üj}} + Pr_z * (S/S_n)^2 = 300 \text{ W} + 2000 \text{ W} * 0,25 = \mathbf{800 \text{ W}}$$

1.4 Mekkora a megengedett maximális mágneses indukció határérték 50 Hz-es tér esetén az ICNIRP 2010-es ajánlása szerint:

Lakosság körében	Foglalkoztatási körben
200 uT	1000uT

1.5 Hazai viszonyok között egy 3 kW teljesítményű napelemes rendszer átlagosan évi

1100 kWh

2200 kWh

3300 kWh

4400 kWh

villamos energiát termel.

1.6 Karikázza be, hogy mely feszültség szinteket használják a budapesti kötöttpályás közösségi közlekedés járműveinek ellátása során:

230 VDC	230 VAC	400 VDC	400 VAC
600 VDC	600 VAC	750 VDC	750 VAC
1500 VDC	1500 VAC	3000 VDC	3000 VAC

1.7. Egy lakossági fogyasztó éves villamosenergia-fogyasztása 2800 kWh. A fogyasztó az egyetemes szolgáltatás A1 tarifája szerint számol el a szolgáltatóval, melynek energiadíjai „A1 kedvezményes” 19 Ft/kWh, „A1 normál” 21 Ft/kWh. Átlagosan mekkora a fogyasztó havi villamosenergia-számláján szereplő energiaköltség?

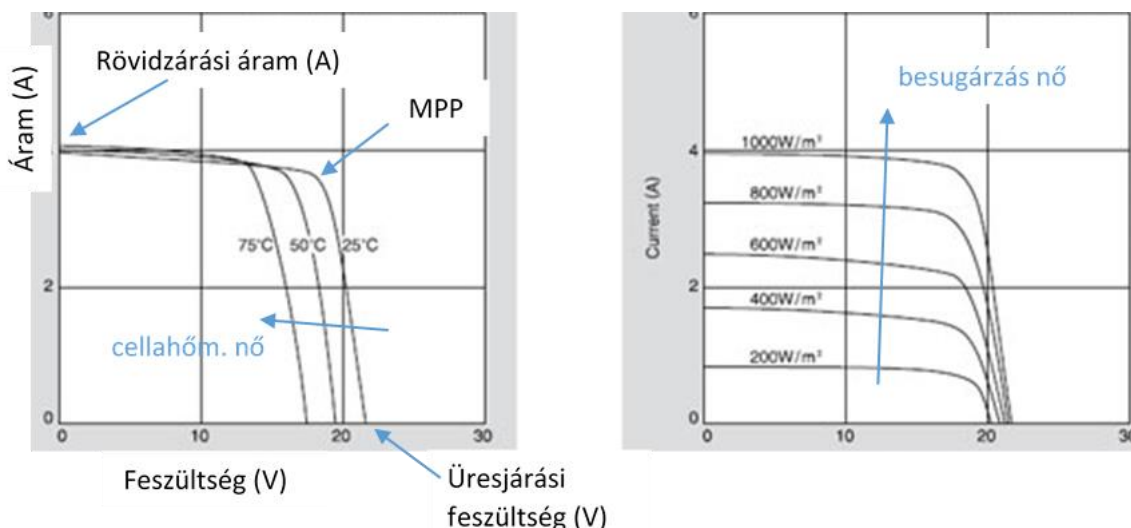
Az éves energiafogyasztás költsége:

$$C = 1320 \text{ kWh} \cdot 19 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} + (2800 \text{ kWh} - 1320 \text{ kWh}) \cdot 21 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 56160 \text{ Ft}$$

Így a havi energiaköltség átlagosan:

$$C_h = \frac{C_y}{12} = 4680 \text{ Ft}$$

1.8. Rajzolja le egy napelem modul villamos karakterisztikáját, és jelölje annak főbb (adatlapon is szereplő) pontjait! Jelölje, hogy hogyan változik a karakterisztika a besugárzás ill. a cellahőmérséklet növekedésével!



1.9 Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A kisfeszültségű transzformátorok 0,4 kV-os oldala jellemzően delta tekercselésű.	HAMIS
Középfeszültségű kompenzált hálózaton a földzárlati maradékáram 10-15 A nagyságrendű.	IGAZ
Középfeszültségű kábelhálózat csillagpontját rendszerint kis (25 - 50 Ω -os) ellenálláson át földelik.	IGAZ

1.10 Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A zöld bizonyítvány az alállomások környezetvédelmi megfelelőségi tanúsítványa.	HAMIS
Egy HMKE névleges teljesítőképessége nem haladhatja meg a felhasználó rendelkezésre álló teljesítményének mértékét.	IGAZ
A mai, kereskedelemben kapható napelem modulok hatásfoka 10-15% körüli.	IGAZ

1.11 Hány előadáson volt jelen? (0 pont; a válasz semmi módon nem befolyásolja az eredményt, de kíváncsi vagyok, hogy van-e összefüggés az óralátogatás és az eredmények között.)

2. feladat A fogyasztói teljesítményfelvétel (P és Q) függ a feszültségtől és a frekvenciától.

- a) Adja meg ennek matematikai leírását az érzékenységi tényezők segítségével!
 b) Mi az érzékenységi tényezők értéke, ha a fogyasztó egy párhuzamos R-L tag?
 c) Egy rendszerben $f_0 = 50$ Hz frekvencia mellett a termelt és fogyasztott teljesítmény 100 MW. Mekkora frekvencia-változást eredményez egy 1 MW-os fogyasztás-növekedés, ha a termelők a fenti állandó teljesítmény alapjelre szabályoznak és $k_{pf} = 1$?
 (10 pont)

a) (2 pont)

$$P = P_0 + P_0 \left(k_{pu} \frac{\Delta U}{U_0} + k_{pf} \frac{\Delta f}{f_0} \right) \text{ vagy } P = P_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^{k_{pu}} \left(\frac{f}{f_0} \right)^{k_{pf}}$$

$$Q = Q_0 + Q_0 \left(k_{qu} \frac{\Delta U}{U_0} + k_{qf} \frac{\Delta f}{f_0} \right) \text{ vagy } Q = Q_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^{k_{qu}} \left(\frac{f}{f_0} \right)^{k_{qf}}$$

b) (4x1 pont)

$$P_0 = \frac{U_0^2}{R} \rightarrow P = P_0 \frac{U^2}{U_0^2} = P_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^2 \rightarrow k_{pu} = 2, k_{pf} = 0$$

$$Q_0 = \frac{U_0^2}{2\pi f_0 L} \rightarrow Q = Q_0 \frac{U^2}{U_0^2} = Q_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^2 \rightarrow k_{qu} = 2$$

$$\rightarrow Q = Q_0 \frac{f_0}{f} = Q_0 \left(\frac{f}{f_0} \right)^{-1} \rightarrow k_{qf} = -1$$

c) A fogyasztó frekvenciatényezője: $K_F = k_{pf} * P_{F0} / f_0 = 1 * 100 \text{ MW} / 50 \text{ Hz} = 2 \text{ MW/Hz}$.

$P_m = \text{állandó} = 100 \text{ MW}$, a végállapot frekvencián $P_F = P_{F0} + \Delta P_{F0} + K_F \Delta f = P_m$,
 behelyettesítve $100 = 100 + 1 + 2 \Delta f \rightarrow \Delta f = -0,5 \text{ Hz}$

(4 pont)

3. feladat Egy 126 kV-os névleges feszültségű, 2400 MVA zárlati teljesítménnyel jellemezhető táppontra egy vasúti transzformátort szeretnénk csatlakoztatni, melynek adatai: $U_n^{TR} = 126/27,5$ kV, $S_n^{TR} = 16$ MVA, $\epsilon = 11,5\%$. E transzformátor 15 percig a névleges árama kétszereséig túlterhelhető, és feltételezzük, hogy e transzformátor által ellátott tápszakaszokon V63-as mozdonyok közlekednek, melyeknek teljesítménytényezője 0,707 (induktív). A tápponton keletkező aszimmetria megfelel-e a szabvány előírásainak?

$$X_1^H = \frac{(U_n^H)^2}{S_2^H} = \frac{(126 \text{ kV})^2}{2400 \text{ MVA}} = 6,615 \Omega \quad (0,5 \text{ pont})$$

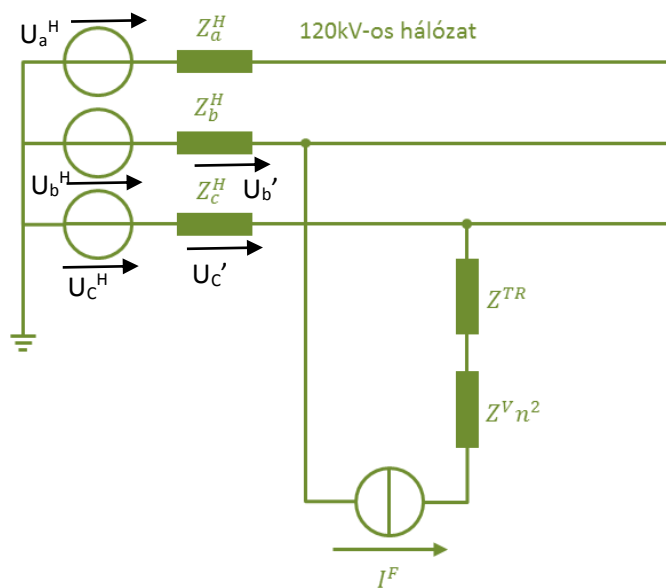
A transzformátor névleges árama a nagyfeszültségű oldalon:

$$I_n^{TR,NF} = \frac{S_n^{TR}}{U_n^{TR,NF}} = \frac{16000 \text{ kVA}}{126 \text{ kV}} = 127 \text{ A} \quad (0,5 \text{ pont})$$

Mivel bármely 10 percen teljesíteni kell az aszimmetriára vonatkozó $U_2/U_1 \leq 2\%$ korlátot, e feltételt a transzformátor névleges áramának **kétszeresénél** vizsgáljuk. Továbbá a transzformátor két fázis közé van kötve, legyen *b* és *c* fázis. Ekkor e vonali feszültséghez képest késik a terhelő áram, amely így

$$I^{TR,NF} = 2 I_n^{TR,NF} (\cos\varphi - j \sin\varphi) e^{-j90^\circ} = -180 - j 180 \text{ A} \quad (2 \text{ pont})$$

1. megoldás: fázismennyiségek segítségével



$$U_b' = -I^{TR,NF} Z_b^H =$$

$$= -(-180 - j 180 \text{ A}) \cdot j6,615\Omega =$$

$$= -1188 + j1188 \text{ V}$$

$$U_c' = I^{TR,NF} Z_c^H =$$

$$= (-180 - j 180 \text{ A}) \cdot j6,615\Omega =$$

$$= 1188 - j1188 \text{ V}$$

$$U_a = U_a^H = 72,75 \text{ kV}$$

$$U_b = U_b^H + U_b' =$$

$$= -36,37 - j63 - 1,188 + j1,188$$

$$= (-37,56 - j61,8) \text{ kV}$$

$$= 72,33 e^{-j121,3^\circ} \text{ kV}$$

$$U_c = U_c^H + U_c' =$$

$$= -36,37 + j63 + 1,188 - j1,188$$

$$= (-35,19 + j61,8) \text{ kV}$$

$$= 71,13 e^{j119,7^\circ} \text{ kV}$$

(1-1 pont a fázisfeszültségekre)

A fázismennyiségeket átszámolva szimmetrikus összetevőkre, csak az abszolút értéküket feltüntetve:

$$|U_1| = 72,06 \text{ kV}, |U_2| = 0,970 \text{ kV} \quad (1-1 \text{ pont})$$

Tehát a negatív sorrendű aszimmetria mértéke: $\frac{|U_2|}{|U_1|} = \frac{0,970}{72,06} = 1,35\% < 2\%$ szabványnak

megfelel. (2 pont)

2. Megoldás szimmetrikus összetevőkkel

A pozitív és negatív sorrendű modellt párhuzamosan kell kötnünk (mint 2F zárlat esetén), s a kettő közé be kell iktatni egy $j \frac{I}{\sqrt{3}}$ áramgenerátort.

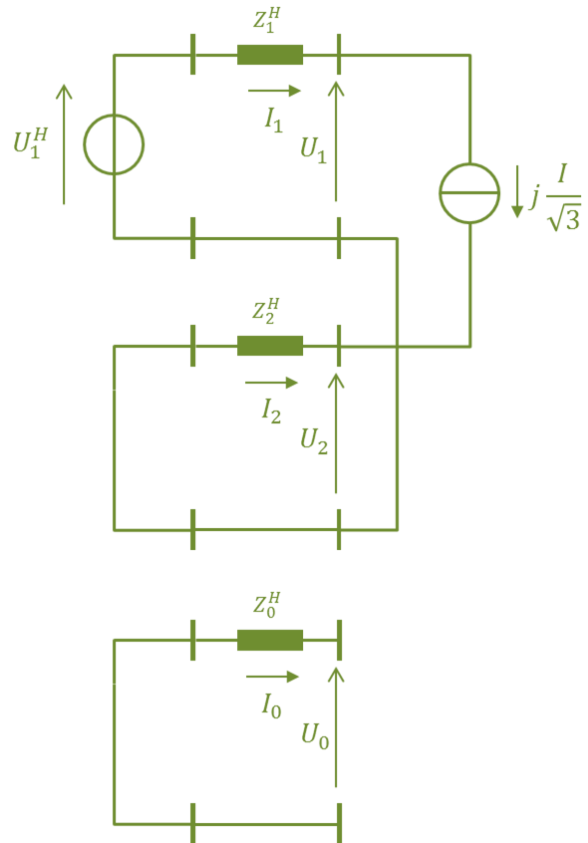
(Helyes ábra vagy szöveg, vagy annak jelzése, hogy $i_1 = -i_2 = j \frac{I}{\sqrt{3}}$ 3 pont)

Így:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= 72,75 \text{ kV} - j \frac{I^{TR,NF}}{\sqrt{3}} Z_1^H = \\
 &= 72,75 \text{ kV} - \frac{j}{\sqrt{3}} (-180 - j 180 \text{ A}) \cdot j 6,615 \Omega = \\
 &= 72,75 - 0,686 - j 0,686 = 72,064 - j 0,686 \text{ kV} \\
 \rightarrow |U_1| &= 72,06 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_2 &= 0 - I_2 Z_2^H = I_1 Z_2^H = j \frac{I^{TR,NF}}{\sqrt{3}} Z_2^H \\
 &= 0,686j + 0,686 \text{ kV} \rightarrow |U_2| = 0,970 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

(1 – 1 pont a sorrendi feszültségekért)



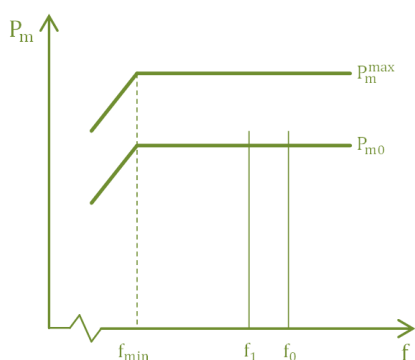
Tehát a negatív sorrendű aszimmetria mértéke: $\frac{|U_2|}{|U_1|} = \frac{0,970}{72,06} = 1,35 \% < 2 \%$ szabványnak megfelel

(2 pont)

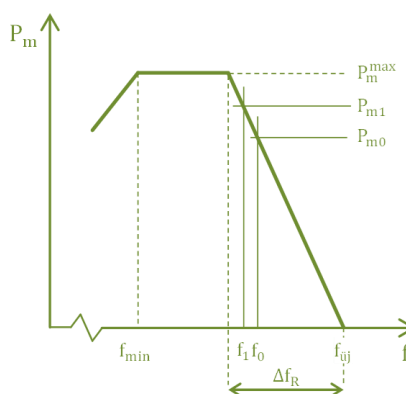
4. feladat A frekvenciatartásban fontos szerepe van a turbina (mechanikai) teljesítmény $P(f)$ karakterisztikájának és az ún. szekunder szabályozásnak. (10 pont)

- a) Ábrán adja meg a frekvenciára érzéketlen (a1) ill. a frekvenciaváltozásra szabályozással válaszoló (a2) idealizált $P(f)$ karakterisztikákat!
- b) Értelmezze a statizmus fogalmát és a szabályozás MW/Hz meredekségét (K_G) a karakterisztika alapján!
- c) Mutassa meg a primer- ill. szekunder szabályozás elvi működését az a2 karakterisztikán!
- d) Egyetlen *turbina-generátor* egység által ellátott *fogyasztó* esetére adja meg a dinamikus teljesítményegyensúlyt leíró egyenletet, és magyarázza meg a jelöléseit!

a)



frekvencia-érzéketlen



frekvenciaváltozásra érzékeny

(2 pont)

b) A statizmus a $P(f)$ karakterisztika átlagos arányossága:

(2pont)

$$R = 100 \Delta f_R / f_{névl} \quad \text{és} \quad K_G = P_m^{\max} / \Delta f_R$$

c) Szabályozás szemléltetése az ábrán:

(4x0,5pont)

- 1) P_f karakterisztika felfelé
- 2) frekvencia csökken
- 3) P_m növekszik kisebb frekvencián állandósul
- 4) P_m növelése az eredeti frekvencia tartásához

d)
$$P_G = P_M - T \frac{d\omega}{dt} = P_F + P_V$$

P_G = generátor kapcsokon leadott teljesítmény

P_M = a turbinát hajtó mechanikai teljesítmény

P_F = a fogyasztási körzet teljesítménye

P_V = a veszteség (bele érthető a fogyasztásba)

T = turbina-generátor egység forgó tömegének perdülete

ω = a tengely szögsebessége

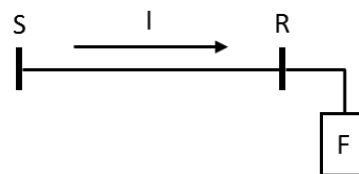
(egyenlet 2 pont, magyarázatok 2 pont)

5. feladat Adott az alábbi háromfázisú, középfeszültségű hálózat egy végponti fogyasztóval. A végpontok közötti hosszirányú feszültségesés fázisonként $\Delta U_n = 320$ V.

A vezeték és a fogyasztó névleges paraméterei:

$$l = 12 \text{ km}, \quad r = 0,35 \frac{\Omega}{\text{km}}, \quad x = 0,4 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$U_{n,v}^F = 20 \text{ kV}, \quad P_{n,3f}^F = 1,6 \text{ MW}$$



A fogyasztót áramtartónak feltételezve határozza meg

(10 pont)

- a fogyasztó háromfázisú meddőteljesítmény-igényét,
- a vezetéken keletkező háromfázisú veszteséget,

Mekkora kapacitású kondenzátorokat kell deltába kötni a fogyasztói csatlakozási ponton (R), hogy az a teljes meddőigényt kompenzálni tudja? (A kondenzátorokat a fogyasztó névleges feszültségszintjére tervezze!)

A fogyasztó hatásos áramfelvétele:

(1 pont)

$$I_w^F = \frac{P_{n,3f}^F}{\sqrt{3}U_n^F} = \frac{1,6\text{MW}}{\sqrt{3} \cdot 20\text{kV}} = 46,2\text{A}$$

A vezeték paraméterei:

(1 pont)

$$R = rl = 0,35 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 12\text{km} = 4,2\Omega, \quad X = xl = 0,4 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 12\text{km} = 4,8\Omega$$

A feszültségesés közelítése a hosszirányú összetevővel:

(2 pont)

$$\Delta U_f \cong RI_w - XI_m$$

$$\rightarrow I_m = \frac{RI_w - \Delta U_f}{X} = \frac{4,2\Omega \cdot 46,2\text{A} - 320\text{V}}{4,8\Omega} = -26,3\text{A}$$

Így a fogyasztó meddőigénye és teljesítménytényezője:

(1 pont)

$$Q_{3f}^F = -\sqrt{3}U_n^F I_m = \sqrt{3} \cdot 20\text{kV} \cdot 26,3\text{A} = 0,91\text{Mvar}$$

A vezeték vesztesége:

(2 pont)

$$P_v = 3R|I|^2 = 3 \cdot 4,2\Omega \cdot \left(\sqrt{(46,2\text{A})^2 + (-26,3\text{A})^2}\right)^2 = 3 \cdot 4,2\Omega \cdot (53,1\text{A})^2 = 36 \text{ kW}$$

A szükséges kondenzátorok:

(3 pont)

$$Q_C = \frac{Q_{3f}^F}{3} = \frac{U_n^2}{\frac{1}{\omega C}} = U_n^2 \omega C \rightarrow C = \frac{Q_{3f}^F}{3U_n^2 \omega} = \frac{0,91\text{Mvar}}{3 \cdot (20\text{kV})^2 \cdot 100\pi} = 2,41\mu\text{F}$$