

NÉV:..... Terem, Ülőhely:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

Gyakorlat időpontja, vezetője:

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.

1. feladat

(10x1 pont)

1.1. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A SAIDI mérőszám a kiesések átlagos időtartamát fejezi ki.	IGAZ
Feszültségletörésről akkor beszélünk, ha a feszültség effektív értéke a névleges érték 10%-a és 90%-a közé csökken.	IGAZ
A kiesések száma csökkenthető kábelesítéssel vagy burkolt szabadvezetékek alkalmazásával.	IGAZ

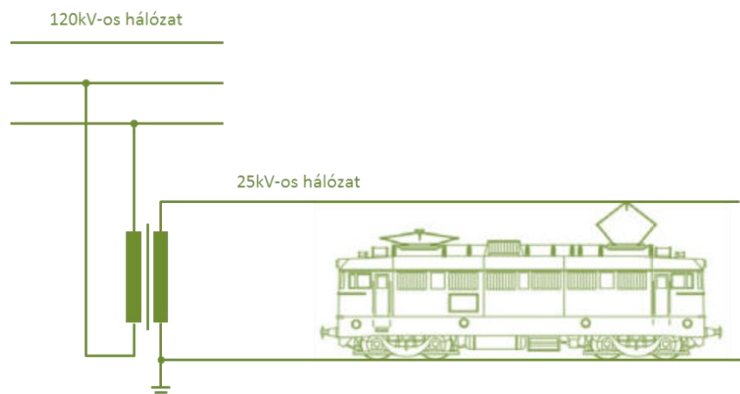
1.2. Mekkora csatlakozási teljesítményhatárok választják el egymástól a termelői engedélyes / kiserőművi engedélyes / háztartási méretű kiserőmű kategóriákat?

- 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, Püj = 300 W, Prz = 2000 W. A transzformátoron névleges feszültség mellett 80 kVA teljesítmény áramlik. Mekkora veszteségi teljesítmény keletkezik a transzformátorban?

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

1.4 Vázlatosan rajzolja fel a hazai nagyvasúti villamos vontatás betáplálásának módját (táphálózat, feszültség szintek, mozdony ellátásának módja)!



1.5 Hazai viszonyok között egy 2 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 NEM 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” 36 Ft/kWh, „A1 normál” 38 Ft/kWh. Átlagosan mekkora a fogyasztó havi villamosenergia-számláján szereplő energiaköltség?

Az éves energiafogyasztás költsége:

$$C = 1320 \text{ kWh} \cdot 36 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} + (2800 \text{ kWh} - 1320 \text{ kWh}) \cdot 38 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 103.760 \text{ Ft}$$

Így a havi energiaköltség átlagosan:

$$C_h = \frac{C_y}{12} = 8647 \text{ Ft}$$

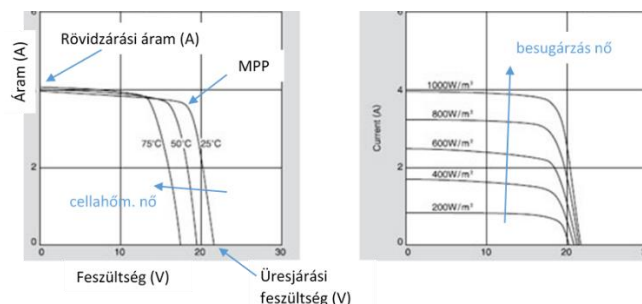
1.8 Adja meg az X soros reaktanciával jellemzett vezetéken két, szabályozott feszültségű (U_S, U_R) végpont között átvihető maximális hatásos teljesítmény kifejezését!

$$P_{\max} = \frac{U_S U_R}{X}$$

1.9 Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A kiesések száma csökkenthető kábelesítéssel vagy burkolt szabadvezetékek alkalmazásával.	IGAZ
Egy HMKE névleges teljesítőképessége nem haladhatja meg a felhasználó rendelkezésre álló teljesítményének mértékét.	IGAZ
A mai, kereskedelemben kapható napelem modulok hatásfoka 35-40% körüli.	HAMIS

1.10. 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!



2. feladat Tekintsünk egy $U_n = 120$ kV névleges feszültségű, veszteségmentes, $l = 100$ km hosszú távvezeték! A távvezeték hosszegységre eső induktivitása $l' = 1,28$ mH/km, hosszegységre eső kapacitása $c' = 18$ nF/km.

- a) Határozza meg a távvezeték Z_0 karakterisztikus impedanciáját és γ terjedési együtthatóját! (3 pont)
- b) Határozza meg a távvezeték természetes teljesítményét, és ismertesse ennek kapcsán a távvezeték meddőteljesítmény-egyensúlyának lehetséges eseteit! (2 pont)
- c) Rajzolja fel a távvezeték Π modelljét, s határozza meg az egyes elemek impedanciáját Ω -ban! (3 pont)
- d) Az üresen járó távvezetékre S oldalon a névleges feszültséget kapcsoljuk. A Π modell alapján határozza meg az R oldalon mérhető fázisfeszültséget! (2 pont)

(összesen 10 pont)

a) A távvezeték teljes induktivitása és kapacitása: (2x0,5 pont)

$$L = ll' = 100 \text{ km} \cdot 1,28 \text{ mH/km} = 128 \text{ mH}$$

$$C = lc' = 100 \text{ km} \cdot 18 \text{ nF/km} = 1,8 \mu\text{F}$$

A távvezeték Z_0 impedanciája és terjedési együtthatója (2x1 pont)

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{l'}{c'}} = \sqrt{\frac{128 \text{ mH}}{1,8 \mu\text{F}}} = 266,7 \Omega$$

$$\gamma = j\omega\sqrt{LC} = j100\pi \cdot \sqrt{128 \text{ mH} \cdot 1,8 \mu\text{F}} = j0,151$$

b) A távvezeték természetes teljesítménye (1 pont)

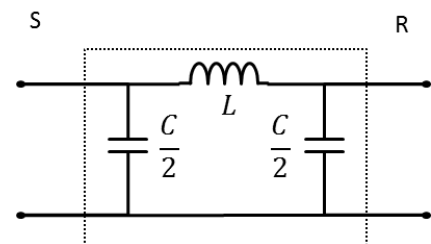
$$P_t = \frac{U_n^2}{Z_0} = \frac{(120 \text{ kV})^2}{266,7 \Omega} = 54 \text{ MW}$$

$P > P_t \rightarrow$ meddőteljesítményt fogyaszt, $P < P_t \rightarrow$ meddőt termel (1 pont)

c) Távvezeték Π -modellje (ábra 1 pont, értékek 2 pont)

$$Z_\pi = j\omega L = j100\pi \cdot 128 \text{ mH} = j40,2 \Omega$$

$$Z'_\pi = \frac{1}{j\omega \left(\frac{C}{2}\right)} = \frac{1}{j100\pi \cdot \frac{1,8 \text{ mH}}{2}} = -j3536,8 \Omega$$



d) Egyszerű feszültségosztással számolva: (2 pont)

$$U_f^R = \frac{Z'_\pi}{Z'_\pi + Z_\pi} U_f^S = \frac{-j3536,8 \Omega}{-j3536,8 \Omega + j40,2 \Omega} \frac{120 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 70,08 \text{ kV} = \frac{121,38 \text{ kV}}{\sqrt{3}}$$

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

- Adja meg ennek matematikai leírását az érzékenységi tényezők segítségével!
- Mi az érzékenységi tényezők értéke, ha a fogyasztó egy párhuzamos R-L tag?
- 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 $100 = 100 + 1 + 2 \Delta f \rightarrow \Delta f = -0,5 \text{ Hz}$

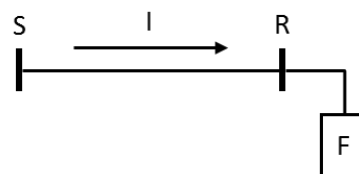
(4 pont)

4. feladat Adott az alábbi háromfázisú, középfeszültségű hálózat egy végponti fogyasztóval. A végpontok közötti hosszirányú feszültségesés fázisonként $\Delta U_h = 320$ 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 teljesítményezője:

(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:

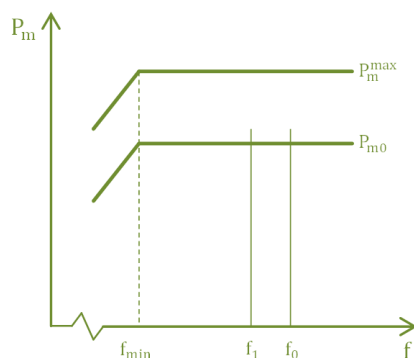
(3 pont)

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

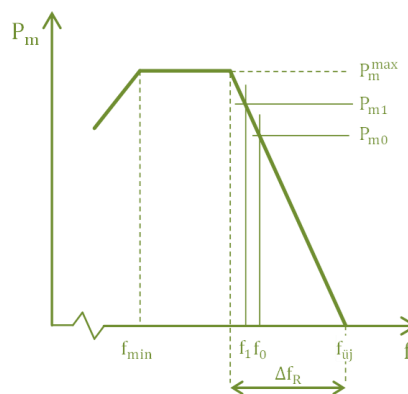
5. feladat A frekvenciatartásban fontos szerepe van a turbina (mechanikai) teljesítmény $P(f)$ karakterisztikájának és az ún. szekunder szabályozásnak. **(10 pont)**

- 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)