

VILLAMOS ENERGETIKA – VIZSGA 2 – A csoport

2014. június 2.

NÉV:.....

NEPTUN-KÓD:.....

Terem és ülőhely:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

Értékelés: Ha az 1. feladat eredménye <40%, akkor az összes többi feladat automatikusan 0 pont.

A dolgozat érdemjegye az összpontszámtól függően: 40%-tól **2**, 55%-tól **3**, 70%-tól **4**, 85%-tól **5**

1. feladat („beugró”)

(10x1 pont)

1.1. Egy lakossági fogyasztó éves villamosenergia-fogyasztása 2800 kWh. A fogyasztó az egyetemes szolgáltatás A1 tarifája szerint számol el a szolgáltatóval, melynek energiadíjai: „A1 kedvezményes” (évi 1320kWh fogyasztásig) 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:

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

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

A SAIFI mérőszám dimenziója perc / fogyasztó / év.	HAMIS
Feszültség letörésnek azt az eseményt nevezzük, amelynek során a feszültség a névleges érték 50%-a alá csökken.	HAMIS
Hosszú idejű feszültség kimaradásnak a 3 percnél hosszabb feszültségkiesést nevezzük.	IGAZ

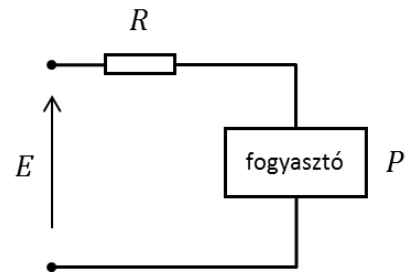
1.3. Mekkora a foglalkozási körben megengedett maximális mágneses indukció határérték 50 Hz-es tér esetén (az ICNIRP 2010-es ajánlása szerint)?

1000uT

1.4. Az alábbi sugaras hálózaton $E = 12 \text{ kV}$, $R = 6 \Omega$. Feszültségstabilitás szempontjából mekkora lehet egy teljesítménytartó fogyasztó maximális hatásos teljesítményfelvétele ($P_{\max}$)?

#MEGOLDÁS:

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4R} = \frac{(12 \text{ kV})^2}{4 \cdot 6 \Omega} = 6 \text{ MW}$$



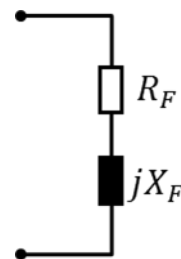
1.5. Egy (háromfázisú) fogyasztó névleges feszültsége $0,4 \text{ kV}$, névleges teljesítménye 5 kVA , teljesítménytényezője ($\cos\varphi$) $0,8$ (induktív). Rajzolja fel a fogyasztó pozitív sorrendű (egyfázisú) impedanciátartó modelljét (soros RX), és számolja ki a modell elemeinek paramétereit!

#MEGOLDÁS:

$$|Z_F| = \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{0,4 \text{ kV}^2}{0,005 \text{ MVA}} = 32 \Omega$$

$$R_F = |Z_F| \cos\varphi = 32 \cdot 0,8 = 25,6 \Omega$$

$$X_F = |Z_F| \sin\varphi = 32 \cdot 0,6 = 19,2 \Omega$$



1.6. Tekintsük a következő, megoszló terheléssel jellemezhető hálózatot! A hosszegységre eső csúcsidei áramfelvétel $i = 0,24 \text{ A/m}$ fázisonként egyenlő ($\cos\varphi = 1$), a vezeték hossza $L = 500 \text{ m}$? Megengedhető-e ez a terhelés, ha 7 ilyen vezetéket egy $21/0,4 \text{ kV}$ -os, 400 kVA -es transzformátorral tervezünk ellátni? Röviden indokolja választát!

#MEGOLDÁS:

$$I_T = i_m \cdot L = 0,24 \text{ A/m} \cdot 500 \text{ km} = 120 \text{ A}$$

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n^K} = \frac{400 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} = 577,4 \text{ A}$$

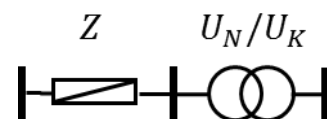
$$\frac{NI_T}{I_n} = \frac{7 \cdot 120 \text{ A}}{577,4 \text{ A}} \cong 145 \%$$

Ez több, mint az átmenetileg megengedhető 120% , ezért **NEM MEGENGEDHETŐ**.

1.7. Számítsa át a $Z = 27 + 4,5j \Omega$ impedanciát a $400/120 \text{ kV}$ -os transzformátor kisfeszültségű oldalára!

$$N = \frac{U^K}{U^N} = \frac{120 \text{ kV}}{400 \text{ kV}} = 0,300$$

$$Z' = Z \cdot N^2 = (27 + 4,5j \Omega) \cdot 0,300^2 = 2,43 + 0,405j \Omega$$



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. Adott egy vezeték alábbi szimmetrikus impedancia mátrixa.

$$\begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_1 \end{bmatrix}$$

$$Z_0 = 0,65 + 3,1j \, \Omega, \quad Z_1 = 0,23 + j \, \Omega$$

Határozza meg a vezeték fázis impedancia mátrixának értékeit!

$$\begin{bmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix}$$

#MEGOLDÁS:

Mivel a pozitív és negatív sorrendű impedancia egyezik, ezért a fázis impedancia mátrix szimmetrikus és ciklikus:

$$\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_k & Z_k \\ Z_k & Z_{\text{ön}} & Z_k \\ Z_k & Z_k & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$$

$$Z_0 = Z_{\text{ön}} + 2Z_k$$

$$Z_1 = Z_{\text{ön}} - Z_k$$

$$\rightarrow Z_{\text{ön}} = \frac{Z_0 + 2Z_1}{3} = \frac{0,65 + 3,1j\Omega + 2 \cdot 0,23 + j\Omega}{3} = 0,37 + 1,7j\Omega$$

$$\rightarrow Z_k = \frac{Z_0 - Z_1}{3} = \frac{0,65 + 3,1j\Omega - 0,23 + j\Omega}{3} = 0,14 + 0,7j\Omega$$

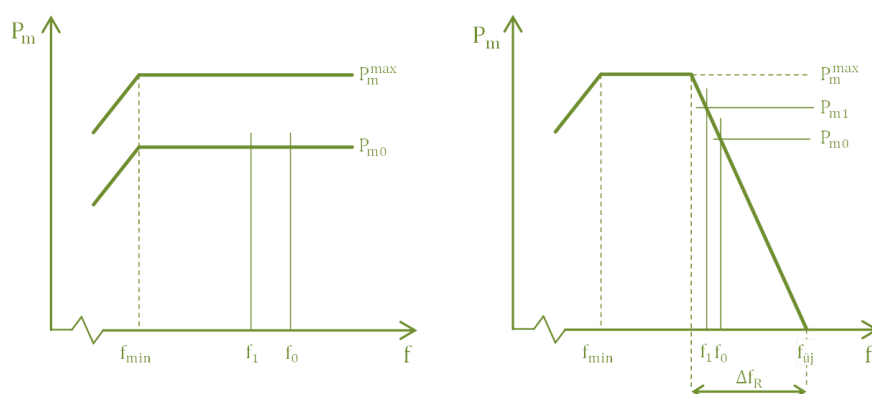
1.10. Egy 120 kV-os, veszteségmentesnek tekintett távvezeték hossza $l = 40$ km, hosszegységre eső induktivitása $l' = 1,3$ mH/km, hosszegységre eső kapacitása $c' = 10$ nF/km. Mekkora a vezeték hullámellenállása?

#MEGOLDÁS:

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{l l'}{l c'}} = \sqrt{\frac{l'}{c'}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 10^{-3} \text{H}}{10 \cdot 10^{-9} \text{F}}} = 360,6\Omega$$

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

- Ábrán adja meg a frekvenciára érzéketlen (a1) ill. a frekvenciaváltozásra szabályozással válaszoló (a2) idealizált $P(f)$ karakterisztikákat!
- Értelmezze a statizmus fogalmát és a szabályozás MW/Hz meredekségét (K_G) a karakterisztika alapján!
- Mutassa meg a primer- ill. szekunder szabályozás elvi működését az a2 karakterisztikán!
- A szabályozás meredekségének (K_G) és a fogyasztói frekvencia tényezőnek (K_F) ismeretében vezesse le, hogy mekkora lesz a frekvenciaváltozás az a2 karakterisztika esetén egy hirtelen fogyasztói teljesítmény-változás nyomán!



frekvencia-érzéketlen

frekvenciaváltozásra érzékeny

(2 pont)

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

(1pont)

$$R = 100 \Delta f_R / f_{névl}$$

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

Kiindulási pont, és karakterisztikák

(1 pont)

$$\begin{aligned} P_{F0} &= P_{m0} \\ P_{m1} &= P_{m0} - K_G \Delta f \\ P_{F1} &= P_{F0} + K_F \Delta f \end{aligned}$$

Fogyasztói teljesítményváltozás hatására változik a fogyasztói karakterisztika:

(2pont)

$$P'_{F1} = P'_{F0} + K_F \Delta f$$

Ez $\Delta f = f_1 - f_0$ frekvenciaváltozást eredményez. Az egyensúlyban $P'_{F1} = P_{m1}$, így:

$$P'_{F0} + K_F \Delta f = P_{m0} - K_G \Delta f$$

Valamint a kiinduló állapotban $P_{m0} = P_{F0}$, tehát:

(2pont)

$$\begin{aligned} P'_{F0} + K_F \Delta f &= P_{F0} - K_G \Delta f \\ \Delta f &= -\frac{P'_{F0} - P_{F0}}{K_G + K_F} = -\frac{\Delta P_F}{K_G + K_F} \end{aligned}$$

3. Levezetéssel adja meg az X soros reaktanciával jellemzett vezetéken átvihető maximális hatásos teljesítmény értékét, ha a tápoldali feszültség (E_A) állandó, a fogyasztóoldali hatásos teljesítményigény (P) állandó és a fogyasztóoldali meddő igény nulla. Rajzolja fel a fogyasztóoldali feszültség alakulását az átvitt hatásos teljesítmény függvényében! Mi a feszültségstabilitás feltétele?

Tegyük fel, hogy az átvitel két párhuzamos, egyenként X reaktanciájú vezetéken történik. Magyarázza el, hogyan fordulhat elő feszültség összeomlás, ha az egyik vezetéket kikapcsolják? (10 pont)

Levezetés:

$$E_A^2 = U^2 + (XI)^2, \quad \text{ahol} \quad I = P / U$$

A $V = U^2$ bevezetésével V -re az alábbi másodfokú egyenletet kapjuk

$$V^2 - E_A^2 V + (XP)^2 = 0$$

A B pont U feszültsége ennek

$$U^2 = V = (E_A^2 \pm \sqrt{D}) / 2$$

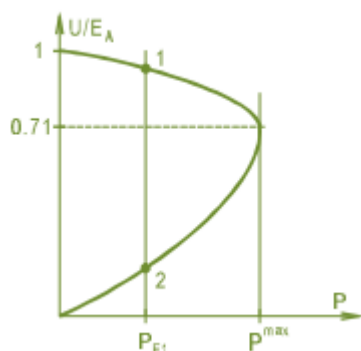
$$D = E_A^4 - 4 (XP)^2$$

Az átvihető teljesítmény maximuma $D = 0$ -nál van, itt:

3 pont a levezetésre

$$P_{\max} = E_A^2 / (2X).$$

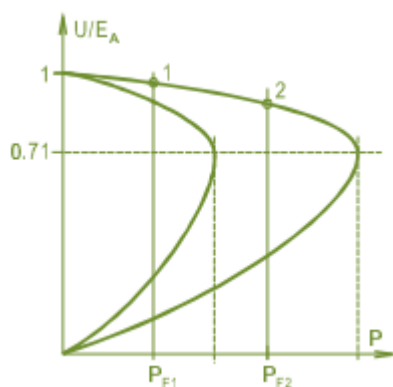
2 pont



2 pont

A feszültségstabilitás feltétele: $dP/dU < 0$

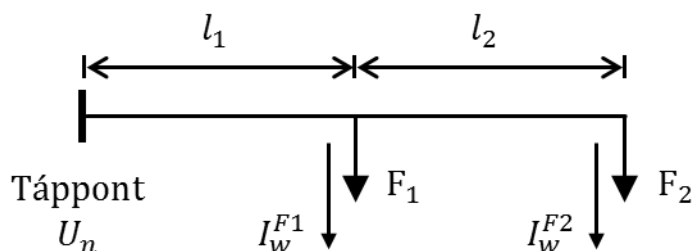
1 pont



Ha kikapcsolás előtt a 2 munkapontban voltunk, akkor kikapcsolás után változatlan teljesítményigény mellett nem létezik munkapont.

2 pont (nem feltétlenül kell ábra, de jó legyen a magyarázat)

4. Számítsa ki az alábbi ábrán látható kisfeszültségű vezeték feszültségesés szempontjából szükséges minimális keresztmetszetét (a keresztmetszet végig azonos)! A táppont névleges vonali feszültsége 400V. A vezetéken megengedett maximális feszültségesés 3%. (10 pont)



A fogyasztók hatásos áramfelvétele fázisonként:

$$I_w^{F1} = 10 \text{ A} \quad I_w^{F2} = 15 \text{ A}$$

Az ábrán jelölt távolságok:

$$l_1 = 20 \text{ m} \quad l_2 = 70 \text{ m}$$

Az alkalmazandó vezeték (Al) anyagának fajlagos ellenállása: $0,0282 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$. Az induktív reaktancia értéke az ohmos ellenállás mellett elhanyagolható.

Legyen a keresett keresztmetszet: $q [\text{mm}^2]$

Az l_2 szakaszon a feszültségesés:

$$\Delta U_2 = R_2 I_w^{F2} = \frac{\rho l_2}{A} \cdot I_w^{F2} = \frac{0,0282 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 70 \text{ m}}{q} 15 \text{ A} = \frac{29,61 \text{ V mm}^2}{q}$$

(3 pont)

Az l_1 szakaszon a feszültségesés:

$$\Delta U_1 = R_1 I_w^{F1} = \frac{\rho l_1}{A} \cdot (I_w^{F1} + I_w^{F2}) = \frac{0,0282 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 20 \text{ m}}{q} (10 + 15) \text{ A} = \frac{14,10 \text{ V mm}^2}{q}$$

(3 pont)

A maximális feszültségesés fázisban:

$$\Delta U_{\max} = 230 \text{ V} \cdot 3\% = 6,9 \text{ V}$$

(1 pont)

Így a korlát:

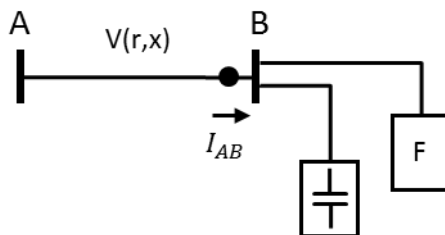
$$\Delta U_1 + \Delta U_2 < \Delta U_{\max}$$

(2 pont)

$$\begin{aligned} \frac{14,10 \text{ V mm}^2}{q} + \frac{29,61 \text{ V mm}^2}{q} &< 6,9 \text{ V} \\ \frac{14,10 \text{ V mm}^2 + 29,61 \text{ V mm}^2}{6,9 \text{ V}} &< q \\ 6,33 \text{ mm}^2 &< q \end{aligned}$$

(1 pont)

5. Az alábbi hálózaton a B sínen mért vonali feszültség effektív értéke $|U_B| = 20,3 \text{ kV}$. A jelölt helyen mérjük az áramot, melynek effektív értéke $|I_{AB}| = 430 \text{ A}$, és 12° -ot késik a B sín feszültségéhez képest. Az AB vezeték hossza 8 km , hosszegységre eső impedanciája $0,35 + j0,3 \Omega/\text{km}$. A csillagba kapcsolt kondenzátorok kapacitása $50 \mu\text{F}$. (10 pont)



- Határozza meg az A sínen betáplált háromfázisú hatásos és meddő teljesítményt!
- Határozza meg az A sín vonali feszültségének effektív értékét, felhasználva a hosszirányú feszültségesést!
- Mekkora a fogyasztó által felvett hatásos és meddő teljesítmény?

A B sínre érkező teljesítmény: (1 pont)

$$S = \sqrt{3} U_B I_{AB}^* = \sqrt{3} \cdot |U_B| \cdot |I_{AB}| \cdot e^{-j\varphi} = \sqrt{3} \cdot 20,3 \text{ kV} \cdot 430 \text{ A} \cdot e^{+j12^\circ} = 15,1 e^{+j12^\circ} \text{ MVA} \\ = 14,79 \text{ MW} + j3,14 \text{ Mvar}$$

Az AB vezeték ellenállása és reaktanciája: (1 pont)

$$R = r l = 0,35 \Omega/\text{km} \cdot 8 \text{ km} = 2,8 \Omega$$

$$X = x l = 0,3 \Omega/\text{km} \cdot 8 \text{ km} = 2,4 \Omega$$

Az AB vezeték háromfázisú hatásos és meddő vesztesége: (1 pont)

$$P_v = 3R|I|^2 = 3 \cdot 2,8 \Omega (430 \text{ A})^2 = 1,55 \text{ MW}$$

$$Q_v = 3X|I|^2 = 3 \cdot 2,4 \Omega (430 \text{ A})^2 = 1,33 \text{ Mvar}$$

Így az A sínen betáplált teljesítmények: (1 pont)

$$P_A = P_B + P_v = 14,79 \text{ MW} + 1,55 \text{ MW} = 16,34 \text{ MW}$$

$$Q_A = Q_B + Q_v = 3,14 \text{ Mvar} + 1,33 \text{ Mvar} = 4,47 \text{ Mvar}$$

A vezeték fázisonkénti feszültségesése a hosszirányú összetevővel közelítve: (1 pont)

$$\Delta U_{h,f} = R I_w - X I_m = 2,8 \Omega \cdot 420,6 \text{ A} - 2,4 \Omega \cdot (-89,4 \text{ A}) = 1,39 \text{ kV}$$

Így a vonali feszültség esés, illetve az A sín vonali feszültsége: (1 pont)

$$\Delta U_{h,v} = \sqrt{3} \Delta U_{h,f} = \sqrt{3} \cdot 1,39 \text{ kV} = 2,41 \text{ kV}$$

$$U_A = U_B + \Delta U_{h,v} = 20,3 \text{ kV} + 2,41 \text{ kV} = 22,71 \text{ kV}$$

A fogyasztó által felvett hatásos teljesítmény megegyezik a B sínre érkező teljesítménnyel: (1 pont)

$$P_F = P_B = 14,79 \text{ MW}$$

A meddő teljesítménye a B sínre érkező meddő teljesítmény, valamint a kondenzátor meddőteljesítményének összege. Egy kondenzátor teljesítménye (fázisfeszültségre kapcsolt): (2 pont)

$$Q_C = \frac{|U_{B,f}|^2}{X_C} = |U_{B,f}|^2 \cdot 2\pi f C = \left(\frac{20,3 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \right)^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 50 \mu\text{F} = 2,16 \text{ Mvar}$$

Így a fogyasztó meddőigénye: (1 pont)

$$Q_F = Q_B + 3Q_C = 3,14 \text{ Mvar} + 3 \cdot 2,16 \text{ Mvar} = 9,62 \text{ Mvar}$$

VILLAMOS ENERGETIKA – VIZSGA 2 – B csoport

2014. június 2.

NÉV:.....

NEPTUN-KÓD:.....

Terem és ülőhely:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

Értékelés: Ha az 1. feladat eredménye <40%, akkor az összes többi feladat automatikusan 0 pont.
A dolgozat érdemjegye az összpontszámtól függően: 40%-tól **2**, 55%-tól **3**, 70%-tól **4**, 85%-tól **5**

1. feladat („beugró”)

(10x1 pont)

1.1. Mekkora a lakosság körében megengedett maximális mágneses indukció határérték 50 Hz-es tér esetén (az ICNIRP 2010-es ajánlása szerint)?

200uT

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

A SAIDI mérőszám a kiesett energia mennyiségét fejezi ki.	HAMIS
A flicker (villogás) a nagy felharmonikus tartalom következménye.	HAMIS
A kiesések száma csökkenthető kábelesítéssel vagy burkolt szabadvezetékek alkalmazásával.	IGAZ

1.3. Egy lakossági fogyasztó éves villamosenergia-fogyasztása 2200 kWh. A fogyasztó az egyetemes szolgáltatás A1 tarifája szerint számol el a szolgáltatóval, melynek energiadíjai „A1 kedvezményes” (évi 1320kWh fogyasztásig) 20,2 Ft/kWh, „A1 normál” 22,5 Ft/kWh. Átlagosan mekkora a fogyasztó havi villamosenergia-számláján szereplő energiaköltség?

Az éves energiafogyasztás költsége:

$$C = 1320 \text{ kWh} \cdot 20,2 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} + (2200 \text{ kWh} - 1320 \text{ kWh}) \cdot 22,5 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 46464 \text{ Ft}$$

Így a havi energiaköltség átlagosan:

$$C_h = \frac{C_y}{12} = 3872 \text{ Ft}$$

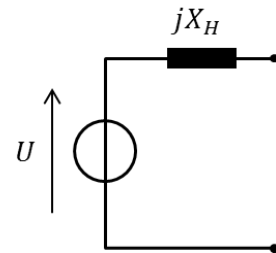
1.4. Adja meg az X soros reaktanciával jellemzett vezetéken két, szabályozott feszültségű (U_s , U_R) végpont között átvihető maximális hatásos teljesítmény kifejezését!

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

1.5. Egy hálózati táppont névleges feszültsége 0,4 kV, (háromfázisú) rövidzárlati teljesítménye 10 kVA. Rajzolja fel a pozitív sorrendű modellt, és számolja ki a modell elemeinek paramétereit!

$$U = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{0,4 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 0,23 \text{ kV}$$

$$X_h = \frac{U_n^2}{S_z} = \frac{0,4 \text{ kV}^2}{0,01 \text{ MVA}} = 16,00 \, \Omega$$

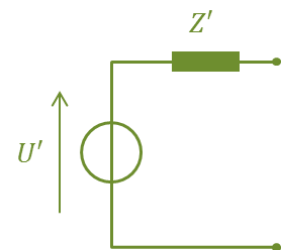
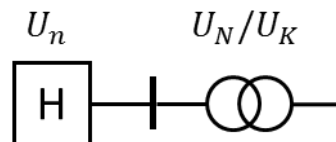


1.6. Az alábbi hálózatban a táppont vonali feszültsége 118 kV, a táppont és transzformátor impedanciájának összege $Z = j10 \, \Omega$. A transzformátor névleges feszültségei 120/10 kV. Rajzolja fel a transzformátor kisebb feszültségű oldalára redukált pozitív sorrendű modellt, s adja meg az egyes elemek értékét!

$$N = \frac{U_K}{U_N} = \frac{10 \text{ kV}}{120 \text{ kV}} = 0,08$$

$$U' = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot N = \frac{118 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \cdot 0,08 = 5,68$$

$$Z' = Z \cdot N^2 = j10 \cdot 0,08^2 = j0,0694$$



1.7. Adja meg egy fogyasztó háromfázisú (látszólagos) teljesítményének kifejezését, ha adott a vonali feszültség (U_n) és a fázisáram effektív értéke (I_n), valamint a teljesítménytényező ($\cos\varphi$)!

$$S_n = \sqrt{3} U_n I_n$$

1.8. Egy 2,5 km hosszú háromfázisú távvezeték hosszegységre eső pozitív sorrendű impedanciája $0,45 + j0,12 \, \Omega/\text{km}$. A vezeték fázisvezetőiben folyó áramok pozitív sorrendű összetevője $200 + j35 \text{ A}$. ($I_2 = I_0 = 0 \text{ A}$). Határozza meg a vezetéken keletkező háromfázisú hatásosteljesítmény-veszteséget!

A vezeték impedanciája:

$$Z = z \cdot l = (0,45 + j0,12 \frac{\Omega}{\text{km}}) \cdot 2,5 \text{ km} = 1,125 + j0,3 \, \Omega$$

Az áram abszolút értéke: $|I| = 203,0 \text{ A}$

A háromfázisú veszteség így:

$$P_v = 3|I|^2 R = 3 \cdot (203,0 \text{ A})^2 \cdot 1,125 = 139,1 \text{ kW}$$

1.9. Adott egy vezeték alábbi fázis impedancia mátrixa.

$$\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_k & Z_k \\ Z_k & Z_{\text{ön}} & Z_k \\ Z_k & Z_k & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$$

$$Z_{\text{ön}} = 0,9 + 2,2j \, \Omega, \quad Z_k = 0,35 + 0,9j \, \Omega$$

Határozza meg a vezeték szimmetrikus impedancia mátrixának értékeit!

Mivel Z_{ff} ciklikus és szimmetrikus, ezért az impedancia mátrix:

$$\begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_1 \end{bmatrix}$$

$$Z_0 = Z_{\text{ön}} + 2Z_k = 0,9 + 2,2j\Omega + 2 \cdot 0,35 + 0,9j\Omega = 1,6 + 4j\Omega$$

$$Z_1 = Z_{\text{ön}} - Z_k = 0,9 + 2,2j\Omega - 0,35 + 0,9j\Omega = 0,55 + 1,3j\Omega$$

1.10. Egy 120 kV-os, veszteségmentesnek tekintett távvezeték hossza $l = 30 \text{ km}$, hosszegységre eső induktivitása $l' = 1,3 \text{ mH/km}$, hosszegységre eső kapacitása $c' = 9 \text{ nF/km}$. Mekkora a természetes teljesítménye?

Ha ezen a vezetéken 50 MW hatásos teljesítményt szállítunk, akkor a távvezeték összességében meddő teljesítményt **TERMEL** **FOGYASZT**

#MEGOLDÁS:

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{l l'}{l c'}} = \sqrt{\frac{l'}{c'}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 10^{-3} \text{H}}{9 \cdot 10^{-9} \text{F}}} = 380,1 \Omega$$

$$P_t = \frac{U^2}{R_0} = \frac{120 \text{kV}^2}{380,1 \Omega} = 37,89 \text{MW}$$

$$P > P_t \rightarrow \text{FOGYASZT}$$

2. Egy nagyfeszültségű távvezeték kezdő és végpontján mért feszültség effektív értéke $|U_S| = |U_R|$. A következő kérdésekre adott válaszokkal magyarázza el, hogy ebben az esetben hogyan történik a hatásos teljesítmény-átvitel nagyfeszültségű távvezetéken! (10 pont)

- Mi az a terhelési szög?
- $|U_S| = |U_R|$ esetén vezesse le a R oldali hatásos teljesítmény kifejezését!
(a távvezeték soros X_L reaktanciájával helyettesítse, U_R fazorát valós irányba vegye fel!)
- Mennyi a R oldali hatásos teljesítmény, ha viszonylagos egységekben

$$u_R = 1, \quad u_S = 1,1e^{j8^\circ}, \quad x = 0,15$$

A két feszültség abszolút értéke ugyan megegyezik, de egymással **szöget zárnak be**. Ezt a szöget terhelési szögnek nevezzük és δ -val jelöljük. (3 pont)

Vegyük U_R valós irányba, ezt megelőzi U_S . Tehát:

$$U_S = U_R e^{j\delta}$$

A két végpont közötti feszültség így:

$$\Delta U = U_S - U_R = U_R(e^{j\delta} - 1)$$

Az így folyó áram:

$$I = \frac{\Delta U}{jX} = \frac{U_R(e^{j\delta} - 1)}{jX} = \frac{U_R}{X} e^{j(\delta-90^\circ)} + \frac{jU_R}{X}$$

Tehát az R oldali teljesítmény:

$$S_R = U_R I^* = \frac{U_R^2}{X} e^{j(90^\circ-\delta)} - \frac{jU_R^2}{X}$$

$$P_R = \operatorname{Re}\{S_R\} = \frac{U_R^2}{X} \cos(90^\circ - \delta) = \frac{U_R^2}{X} \sin\delta$$

(levezetés 5 pont, végeredmény (levezetés nélkül is!) 1pont)

Példában:

$$p_R = \frac{u_R u_S}{x} \sin\delta = \frac{1 \cdot 1,1}{0,15} \sin 8^\circ = 1,02$$

(képlet: ha előbb levezette, akkor ott megkapta a pontot, ha ott nem tudta,

de itt felírta a képletet, akkor 1 pont, számítás 1pont)

3. Egy ipari parkban létesülő laboratórium névleges áramfelvétele 75 A fázisonként, a maximális terhelés ennek háromszorosa. A teljesítménytényező 0,92. A laboratórium háromfázisú energiaellátása kisfeszültségen történik az alagsorban elhelyezett 10/0,4 kV-os transzformátorról. Az alagsor és a laboratórium elosztó szekrénye közötti távolság 45 méter.

- Határozza meg annak a 4 erű (3 fázis + nulla) rézkábelnek a keresztmetszetét, amely a transzformátor és az elosztó szekrény közé kerül beépítésre „A” terhelési csoportnak megfelelő körülmények közé.
- Adja meg a kiválasztott kábelben névleges terheléskor fellépő háromfázisú teljesítmény-veszteséget!
- Mekkora a laboratórium névleges háromfázisú hatásos- és meddőteljesítmény felvétele?

A vezető keresztmetszete [mm ²]	Megengedett terhelés [A]		
	Terhelési csoportok		
	A	B	C
1,5	16	20	25
2,5	21	27	34
4	27	36	45
6	35	47	57
10	48	65	78
16	63	87	104
25	83	115	137
35	110	143	168
50	140	178	210
70	175	220	260
95	215	265	310
120	255	310	365
150	295	355	415
185	340	405	475
240	400	480	560
300	470	555	645

A maximálisan megengedett feszültségesés: $\Delta U_m\% = 3\%$; $\rho_{\text{réz}} = 0,0175 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$ (10 pont)

A vezeték ellenállása paraméteresen (1 pont)

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{0,0175 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 45 \text{ m}}{A [\text{mm}^2]} = \frac{0,788}{A} [\Omega \text{mm}^2]$$

A megengedett feszültségesés 3%, így: (0,5 pont a fázisfeszültségért, 0,5 pont számítás)

$$\Delta U_m = \Delta U_m\% \cdot U_{\text{nf}} = 3\% \cdot 231 \text{ V} = 6,93 \text{ V}$$

A szükséges keresztmetszet:

(1 pont a maximális áramra tervezés, 1 pont a képletrendezés, 1 pont számítás)

$$\begin{aligned} R \cdot 3I_n &< \Delta U_m \\ \frac{0,788 \Omega \text{mm}^2}{A [\text{mm}^2]} \cdot 3 \cdot 75 \text{ A} &< 6,93 \text{ V} \\ A &> \frac{0,788 \Omega \text{mm}^2 \cdot 3 \cdot 75 \text{ A}}{6,93 \text{ V}} = 25,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Ebből következően az áramterhelést is figyelembevevő vezeték: 120 mm²

(1 pont az áramterhelés figyelembevétele, 0,5 pont a táblázatból való kiolvasás)

A kiválasztott kábel ellenállása: (0,5 pont, mert a képletért már az elején járt pont)

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{0,0175 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 45 \text{ m}}{120 \text{ mm}^2} = 0,0066 \Omega$$

A vezetéken keletkező háromfázisú veszteség: (1 pont)

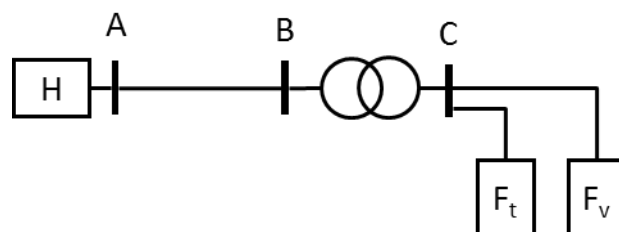
$$P_{\text{veszt}} = 3|I|^2 R = 3 \cdot (75 \text{ A})^2 \cdot 0,0066 \Omega = 110,7 \text{ W}$$

A labor teljesítményfelvétele: (1 pont a képletek, 1 pont a számítások)

$$P = 3U_f I \cos \varphi = 3 \cdot 231 \text{ V} \cdot 75 \text{ A} \cdot 0,92 = 47,8 \text{ kW}$$

$$Q = 3U_f I \sin \varphi = 3 \cdot 231 \text{ V} \cdot 75 \text{ A} \cdot 0,39 = 20,4 \text{ kvar}$$

4. Egy kisváros egyik városrészében új, gyorsöltőkkel ellátott villamos autó töltőállomást szeretnének létrehozni (F_t). A töltőállomásban összesen 5 db töltőfejet szeretnének telepíteni, egy töltőfej töltési (P_{3f}) teljesítménye 50 kW, meddőteljesítmény-felvétele nincs.



Mérési eredmények alapján tudjuk, hogy a városrész háromfázisú fogyasztása (F_v) maximálisan 1200 kW, 0,96 induktív teljesítménytényezővel. A városrészt ellátó 20 kV-os távvezeték 20 km hosszú, hosszegységre jutó ellenállása $0,38 \Omega/\text{km}$, reaktanciája $0,4 \Omega/\text{km}$. A transzformátor paraméterei: 20/0,4 kV, 1600 kVA, 6%. A hálózat zárlati teljesítményét vegye végtelennek!

Mekkora százalékos feszültségesés mérhető az AB vezetéken a töltőállomás megépítése előtt és után?

(A számítás során a feszültségesést a hosszirányú összetevővel közelítse, a hálózatot a kisfeszültség oldalra redukálja, a fogyasztókra áramtartó modellt alkalmazzon!)

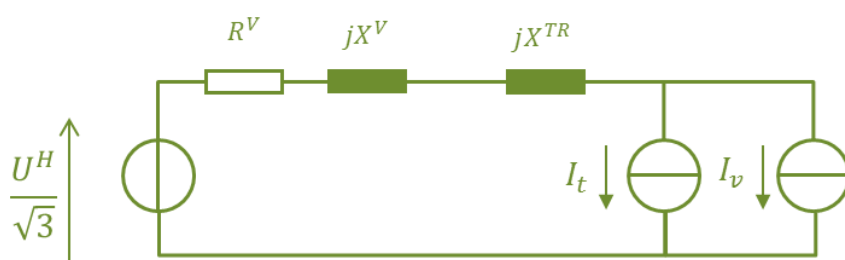
Hálózat és paraméterek

(1+2 pont)

$$R^V + jX^V = l \cdot (r^V + jx^V) = 7,6 + j8 \Omega$$

$$\rightarrow R_r^V + jX_R^V = 0,00304 + j0,0032 \Omega$$

$$X^{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{(U_n^{TR})^2}{S_n^{TR}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{1600 \text{ kVA}} = 0,006 \Omega$$



A fogyasztók árama:

(1 pont)

$$I_n^F = \frac{\frac{P_{max}}{\cos\varphi}}{\sqrt{3}U_n^F} (\cos\varphi - j\sin\varphi) = \frac{\frac{1200 \text{ kW}}{0,96}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} (0,96 - j0,28) = 1732,1 - j505,2 \text{ A}$$

Egy töltő által felvett maximális áram:

(1 pont)

$$I_n^{Töltő} = \frac{P_n^{Töltő}}{\sqrt{3}U_n^{Töltő}} = \frac{50 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} = 72,17 \text{ A}$$

Feszültségesés közelítése a hosszirányú összetevővel:

(1 pont)

$$\Delta U_{h1} = RI_w - XI_m = 0,00304 \Omega \cdot 1732,1 \text{ A} + 0,0092 \Omega \cdot 505,2 \text{ A} = 9,91 \text{ V}$$

Töltő beépítése esetén

(1 pont)

$$\Sigma I = I_n^F + 5 \cdot I_n^{Töltő} = 2092,9 - j505,2 \text{ A}$$

Feszültségesés közelítése a hosszirányú összetevővel:

(1 pont)

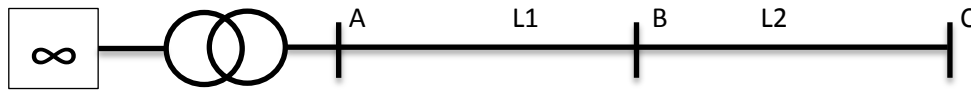
$$\Delta U_{h2} = RI_w - XI_m = 0,00304 \Omega \cdot 2092,9 \text{ A} + 0,0092 \Omega \cdot 505,2 \text{ A} = 11,01 \text{ V}$$

Relatív mértékben a két feszültségesés:

(2x1 pont)

$$\frac{\Delta U_{h1}}{U_{n,fázis}} = \frac{9,91 \text{ V}}{231 \text{ V}} = 4,29\%, \quad \frac{\Delta U_{h2}}{U_{n,fázis}} = \frac{11,01 \text{ V}}{231 \text{ V}} = 4,77\%$$

5. Az alábbi hálózaton mögöttes hálózat feszültsége 132 kV. A transzformátor névleges adatai: 132/22 kV, 16 MVA, dropja 8%. A távvezetékek hossza egyenként 10 km, hosszegységre eső reaktanciájuk 0,35 Ω /km. Az "A" és a "B" gyűjtősinél elhelyezett túláram-védelmeket 100/5 A-es áramváltó táplálja, a bizonytalansági tényező $\varepsilon = 10\%$.

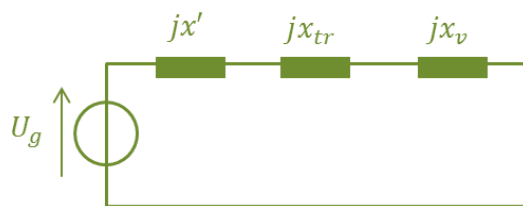


(10 pont)

- Rajzolja fel az „A” gyűjtősinél lévő kétlépcsős túláram-védelem "távolság-idő" jelleggörbáját!
- Számítsa ki e védelem fáziszárlati gyors és késleltetett fokozatának beállítási értékeit! (Az üzemi áram legyen a transzformátor névleges árama.)

A pozitív sorrendű modell:

(0,5 pont)



A paraméterek értékei:

(3x 0,5 pont)

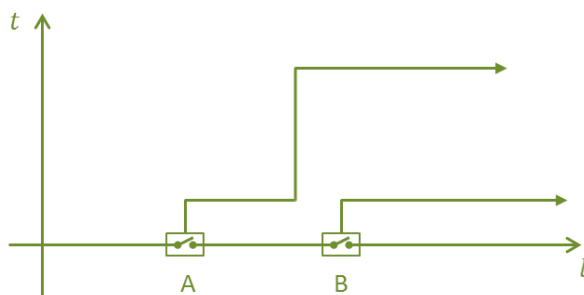
$$x_{tr} = \frac{(22 \text{ kV})^2}{16 \text{ MVA}} 0,08 = 2,42 \text{ Ohm}$$

$$x_{L1} = x * L1 = 3,5 \text{ Ohm}$$

$$x_{L2} = x * L2 = 3,5 \text{ Ohm}$$

A jelleggörbe (a "B"-ből induló elhagyható...):

(3 pont)



A beállítási egyenletek: $I_{BE}^{gy} \geq \frac{I_{Bz \max}}{1 - \varepsilon}$ $I_{BE}^{gy} \leq \frac{I_{Az \min}}{1 + \varepsilon}$ $I_{BE}^{kf} \geq \frac{I_{üz \max}}{1 - \varepsilon}$ $I_{BE}^{kf} \leq \frac{I_{Cz \min}}{1 + \varepsilon}$

(Mindegyikért 0,5 pont)

$$I_{Bz \max} = U_n / \sqrt{3} / (X_{TR} + X_{L1}) = 2146 \text{ A}$$

$$I_{Az \min} = U_n / \sqrt{3} / (X_{TR}) * \sqrt{3} / 2 = 4546 \text{ A}$$

$$I_{Cz \min} = U_n / \sqrt{3} / (X_{TR} + X_{L1} + X_{L2}) * \sqrt{3} / 2 = 1168 \text{ A}$$

$$I_{üz \max} = S_n / \sqrt{3} / U_n = 420 \text{ A}$$

IGY_nagyobb_legyen = IBzmax / (1 - eps) *AV = 119 A

A beállított Gyorsfokozat érték ennél nagyobb legyen!

IGY_kisebb_legyen = IAzmin / (1 + eps) *AV = 207 A

A beállított Gyorsfokozat érték ennél kisebb legyen!

IK_nagyobb_legyen = Iuzmax / (1 - eps) *AV = 23 A

A beállított készl.fokozat érték ennél nagyobb legyen!

IK_kisebb_legyen = ICzmin / (1 + eps) *AV = 53 A

A beállított készl.fokozat érték ennél kisebb legyen!

(Helyes értékekért 0,5 – 0,5 pont)

(Ahol AV = 5/100, az áramváltók áttétele. Ennek elhagyása esetén összesen 1 pont levonás.)

Tehát a gyorsfokozat beállítása bárhol lehet 119 és 207 A között, a késleltetett fokozaté 23 és 53 A között.

(0,5-0,5 pont helyes értékekért)