

Terem és ülőhely:..... NÉV:.....

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.

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

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

1. feladat**10 pont****1.1.** Az alábbi állítások közül karikázza be az IGAZ állításokat!

- A. A „hosszú földelés” reaktancián keresztüli földelést jelent.
- B. A kompenzált csillagpont kezelés a szigetelthez képest csökkenti az egyfázisú földzárlati áramot.**
- C. A kisfeszültségű transzformátorok 0,4 kV-os oldala jellemzően delta tekercselésű.

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

A kombinált ciklusú erőművek jellemző teljesítménytartománya 100-200 kW.	HAMIS
Magyarország éves villamos energiafogyasztása körülbelül 38 TWh.	IGAZ
A szélenergia legnagyobb problémája a gyorsan változó termelés és a gyenge előrejelzés.	IGAZ
A fotelektromos villamosenergia-termelés hatásfoka kiemelkedően jobb a többi technológiához képest.	HAMIS

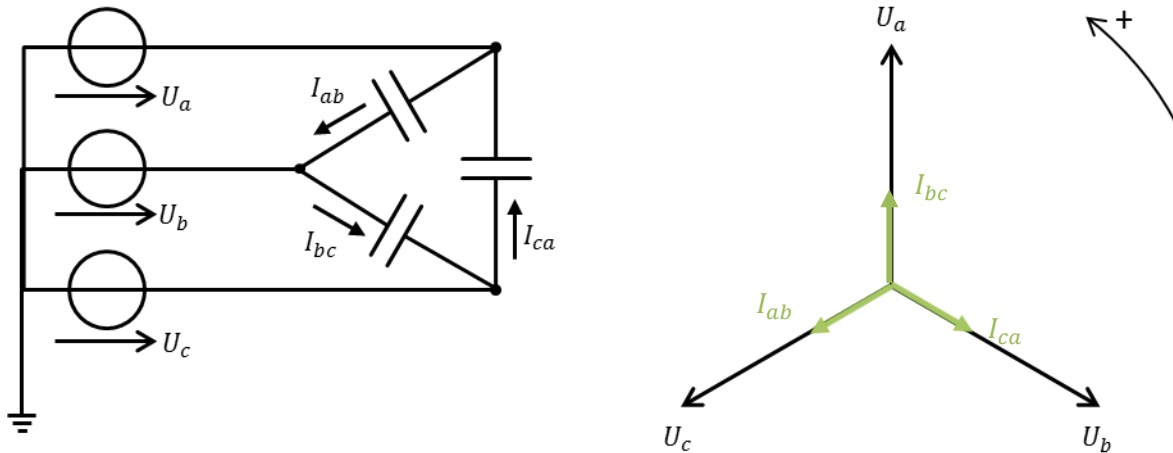
1.3 Az alábbi állítások közül karikázza be az IGAZ állításokat!

- A. Egy induktív fogyasztó meddő teljesítményt vesz fel.**
(Fogyasztói pozitív irányrendszerben $Q > 0$).
- B. Egy kapacitív fogyasztó komplex teljesítményének szöge pozitív.
(Fogyasztói pozitív irányrendszerben.)
- C. Egy kapacitív fogyasztó impedanciájának szöge negatív.**

1.4 Mekkora egy 100 MW maximális teljesítményű, $R = 4\%$ statizmussal jellemezhető turbina-generátor egység K_g frekvenciatényezője, ha $f_n = 50$ Hz?

$$\Delta f_R = R \cdot f_n = 4\% \cdot 50 \text{ Hz} = 2 \text{ Hz}$$
$$K_g = -\frac{P_{\max}}{\Delta f_R} = -\frac{100 \text{ MW}}{2 \text{ Hz}} = -50 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

1.5 Egy szimmetrikus háromfázisú feszültségrendszerre delta elrendezésben kondenzátorokat kapcsolunk. A felvett referenciairányok szerint irányhelyesen rajzolja be a fázorábrába a kondenzátorokon átfolyó áramokat!



1.6 Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A SAIDI mérőszám dimenziója perc / fogyasztó / év.	IGAZ
Feszültség letörésnek azt az eseményt nevezzük, amelynek során a feszültség a névleges érték 10%-a alá csökken.	HAMIS

1.7 Adott egy vezeték alábbi fázis impedancia mátrixa. Határozza meg a vezeték szimmetrikus impedancia mátrixának értékeit!

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

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

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

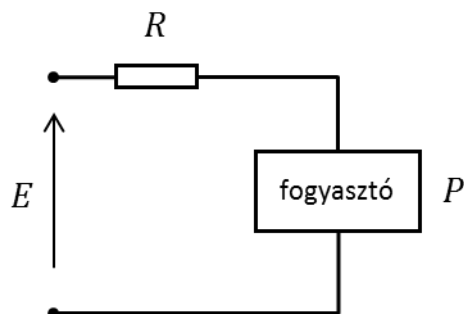
$$\begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_1 \end{bmatrix}$$

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

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

1.8 Az alábbi sugaras hálózaton $E = 10 \text{ kV}$, $R = 2,5 \Omega$. Feszültségstabilitás szempontjából mekkora lehet egy teljesítménytartó fogyasztó maximális hatásos teljesítményfelvétele ($P_{\max}$)?

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4R} = \frac{(10 \text{ kV})^2}{4 \cdot 2,5 \Omega} = 10 \text{ MW}$$



1.9 Egy 20/0,4 kV-os, Dy3 transzformátor kisebb feszültségű oldalán a szimmetrikus összetevő áramok: $I_0 = 8 \text{ A}$, $I_1 = 245 \text{ A}$, $I_2 = 22 \text{ A}$. Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok zérus és pozitív sorrendű összetevőit!

Zérus sorrendű összetevő nem megy át a delta oldalra:

$$I_0^N = 0 \text{ A}$$

Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

$$I_1^N = I_1^K \cdot \frac{0,4 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \cdot e^{+j \cdot 3 \cdot 30^\circ} = 0,00 + 4,90j \text{ A} = 4,90 \exp(+j90^\circ) \text{ A}$$

1.10. Egy 132 kV-os, veszteségmentesnek tekintett távvezeték hossza $l = 30 \text{ km}$, hosszegységre eső induktivitása $l' = 1,1 \text{ mH/km}$, hosszegységre eső kapacitása $c' = 9,3 \text{ nF/km}$. Mekkora a természetes teljesítménye?

Ha ezen a vezetéken 45 MW hatásos teljesítményt szállítunk, akkor a távvezeték összességében meddő teljesítményt TERMEL FOGYASZT

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{l l'}{l c'}} = \sqrt{\frac{l'}{c'}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-3} \text{ H}}{9,3 \cdot 10^{-9} \text{ F}}} = 343,9 \Omega$$

$$P_t = \frac{U^2}{R_0} = \frac{132 \text{ kV}^2}{343,9 \Omega} = 50,66 \text{ MW}$$

$$P < P_t \rightarrow \text{TERMEL}$$

2. feladat Egy 30 km hosszú, $r = 0,3 \Omega/\text{km}$ és $x = 0,4 \Omega/\text{km}$ adatokkal jellemzett középvezetékű távvezetéken egyetlen (háromfázisú) ohmos-induktív fogyasztót látunk el, melynek névleges feszültsége $U_n = 20 \text{ kV}$, hatásos teljesítménnyelvétele $P = 2,5 \text{ MW}$ (a fogyasztót tekintjük áramtartónak). Mekkora lenne a hosszirányú feszültségesés a vezetéken voltban, továbbá a hálózat névleges feszültségéhez viszonyítva, ha

a) a fogyasztó teljesítménytényezője 0,78 lenne?

b) a fogyasztó teljesítménytényezője 0,96 lenne?

(10 pont)

A vezetékek paraméterei:

(2x0,5 pont)

$$R = l \cdot r = 30 \text{ km} \cdot 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}} = 9,00 \Omega$$

$$X = l \cdot x = 30 \text{ km} \cdot 0,4 \frac{\Omega}{\text{km}} = 12,00 \Omega$$

A fogyasztó áramfelvétele:

(1+2x1 pont)

$$I^F = \frac{\frac{P}{\cos \varphi}}{\sqrt{3} U_n^F} (\cos \varphi - j \sin \varphi)$$

$$I_a^F = \frac{\frac{2,5 \text{ MW}}{0,78}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} (0,78 - j \sqrt{1 - 0,78^2}) = 72,17 - j 57,90 \text{ A}$$

$$I_b^F = \frac{\frac{2,5 \text{ MW}}{0,96}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} (0,96 - j \sqrt{1 - 0,96^2}) = 72,17 - j 21,05 \text{ A}$$

A hosszirányú feszültségesés tehát:

(2+2x1 pont)

$$\Delta U_h = R I_w - X I_m$$

$$\Delta U_{h,a} = 9,00 \Omega \cdot 72,17 \text{ A} - 12,00 \Omega \cdot (-57,90 \text{ A}) = 1344 \text{ V}$$

$$\Delta U_{h,b} = 9,00 \Omega \cdot 72,17 \text{ A} - 12,00 \Omega \cdot (-21,05 \text{ A}) = 902 \text{ V}$$

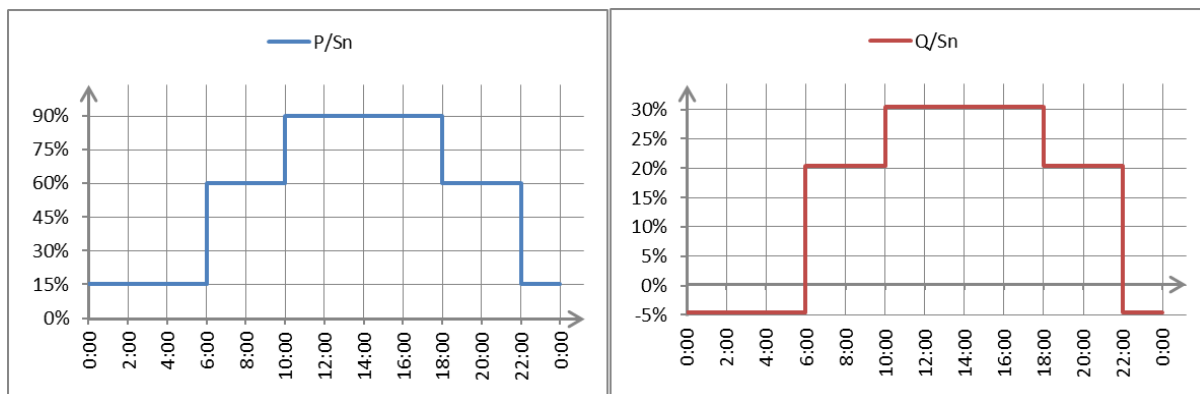
A névleges feszültséghez viszonyítva:

(képlet 1 p, helyes számértékek 2x0,5 pont)

$$\Delta u_{h,a} = \frac{\Delta U_{h,a}}{U_n / \sqrt{3}} = \frac{1344}{20000 / \sqrt{3}} = \frac{1344}{11547} = 0,116$$

$$\Delta u_{h,b} = \frac{902}{11547} = 0,078$$

3. feladat Egy háromfázisú ipari fogyasztó munkanapi hatásos és meddő teljesítmény felvételét az alábbi grafikonok írják le. A fogyasztó névleges teljesítménye 40 kVA.



- Határozza meg a fogyasztó teljesítménytényezőjét a völgy- (22-06), valamint a csúcsidőszakban (10-18)!
- A villamos energia végfelhasználói ára 50 Ft/kWh, a meddőenergia-díj 5 Ft/kvarh. (Az elfogyasztott hatásos energia 25%-áig az induktív meddő energia térítésmentes, az efeletti, valamint a kapacitív meddő energiáért a fenti díjat kell fizetni.) Mekkora a fogyasztó **havi meddőenergia költsége**, ha az adott hónapban 20 munkanap van?
- Mekkora kapacitású kondenzátorokra van szükség a fogyasztó maximális meddőteljesítményének kompenzálására? A kondenzátorokat deltába kötjük, a névleges feszültség 0,4 kV. (10 pont)

- a) A teljesítménytényező meghatározása: (2 pont)
völgyidőszakban:

$$\frac{Q}{P} = -\frac{0,05}{0,15} = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \tan\varphi$$

$$\varphi = \arctan(-0,33) = -18,43^\circ \rightarrow \cos\varphi = 0,948 \text{ (kap.)}$$

csúcsidőszakban:

$$\frac{Q}{P} = \frac{0,30}{0,90} = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \tan\varphi$$

$$\varphi = \arctan(0,33) = 18,43^\circ \rightarrow \cos\varphi = 0,948 \text{ (ind.)}$$

- b) A napi energiamennyiségek (több jó számolási mód létezik): (1 pont)

$$\left(\frac{P}{S_n}\right)_{\text{átlag}} = \frac{8 \cdot 0,15 + 8 \cdot 0,6 + 8 \cdot 0,9}{24} = 0,55$$

$$E_P = 24 \text{ h} \cdot S_n \cdot \left(\frac{P}{S_n}\right)_{\text{átlag}} = 24 \text{ h} \cdot 40 \text{ kVA} \cdot 0,55 = 528 \text{ kWh}$$

$$E_{Q_{\text{kap}}} = 8 \text{ h} \cdot S_n \cdot \left(\frac{Q_{\text{kap}}}{S_n}\right) = 8 \text{ h} \cdot 40 \text{ kVA} \cdot 0,05 = 16 \text{ kvarh}$$

$$E_{Q_{ind}} = 16h \cdot S_n \cdot \left(\frac{Q_{ind}}{S_n} \right)_{\text{átlag}} = 16h \cdot 40 \text{ kVA} \cdot 0,25 = 160 \text{ kvarh}$$

A térítésmentes induktív meddő energia: (1 pont)

$$E_{Q_{ind}, \text{ingyen}} = 0,25 \cdot E_p = 0,25 \cdot 528 \text{ kWh} = 132 \text{ kvarh}$$

Így a havi **meddőenergia** díjak: (2 pont)

$$C_p = 20 \cdot 528 \text{ kWh} \cdot 50 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 528000 \text{ Ft} \text{ — ez nem kell}$$

$$C_{Q_k} = 20 \cdot 16 \text{ kvarh} \cdot 5 \frac{\text{Ft}}{\text{kvarh}} = 1600 \text{ Ft}$$

$$C_{Q_i} = 20 \cdot (160 - 132) \text{ kvarh} \cdot 5 \frac{\text{Ft}}{\text{kvarh}} = 2800 \text{ Ft}$$

$$C = \cancel{C_p} + C_{Q_k} + C_{Q_i} = 4400 \text{ Ft}$$

c) A kompenzáláshoz szükséges kondenzátorok

A maximális meddőigény: (1 pont)

$$Q_{\max} = 0,3 \cdot S_n = 12 \text{ kvar.}$$

Ezt három, vonali feszültségre kapcsolt kondenzátorra kell osztani: (3 pont)

$$Q_c = \frac{U_n^2}{X_c} = U_n^2 \omega C = \frac{Q_{\max}}{3} \rightarrow C = \frac{Q_{\max}}{3U_n^2 \omega}$$

$$C = \frac{12 \text{ kvar}}{3 \cdot (0,4)^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 79,58 \mu\text{F}$$

(A megoldás menete a fentitől eltérhet, a megfelelően alátámasztott végeredményért jár a maximális pont.)

4. feladat Adott egy Dyg5 (delta – földelt csillag) kapcsolási csoportú és óraszámú 20/0,4 kV-os transzformátor. A 20 kV-os oldalon egy 2F zárlat miatt a fázisfeszültségek:

$$U_a^N = 12,70\text{kV}$$

$$U_b^N = U_c^N = -6,35\text{kV}$$

Határozza meg a transzformátor kisfeszültségű oldalán a fázisfeszültségeket! (10 pont)

A középfeszültségű oldalon a szimmetrikus összetevők számítása:

$$\begin{bmatrix} U_0^N \\ U_1^N \\ U_2^N \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a^N \\ U_b^N \\ U_c^N \end{bmatrix}$$

(1 pont)

$$U_0^N = \frac{1}{3} (12,70\text{kV} - 6,35\text{kV} - 6,35\text{kV}) = 0\text{kV}$$

$$U_1^N = \frac{1}{3} (12,70\text{kV} + (a + a^2)(-6,35\text{kV})) = \frac{1}{3} (12,70\text{kV} - (-6,35\text{kV})) = 6,35\text{kV}$$

$$U_2^N = \frac{1}{3} (12,70\text{kV} + (a + a^2)(-6,35\text{kV})) = \frac{1}{3} (12,70\text{kV} - (-6,35\text{kV})) = 6,35\text{kV}$$

(3x1 pont a számítás)

A szimmetrikus összetevők forgatása és áttétele:

$$U_1^K = \frac{U_n^K}{U_n^N} U_1^N e^{-j30^\circ.5} = \frac{0,4\text{kV}}{20\text{kV}} \cdot 6,35 e^{-j30^\circ.5} = 127,0 e^{-j150^\circ} \text{V}$$

$$U_2^K = \frac{U_n^K}{U_n^N} U_2^N e^{j30^\circ.5} = \frac{0,4\text{kV}}{20\text{kV}} \cdot 6,35 e^{j30^\circ.5} = 127,0 e^{j150^\circ} \text{V}$$

(2 pont)

Fázisfeszültségek meghatározása a kisfeszültségű oldalon:

$$\begin{bmatrix} U_a^K \\ U_b^K \\ U_c^K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ U_1^K \\ U_2^K \end{bmatrix}$$

(1 pont)

$$U_a^K = U_1^K + U_2^K = -220\text{V}$$

$$U_b^K = a^2 U_1^K + a U_2^K = 0\text{V}$$

$$U_c^K = a U_1^K + a^2 U_2^K = 220\text{V}$$

(3x1 pont a számítás)

5. feladat Az alábbi hálózatok/hálózatrészek milyen csillagponttal üzemelnek? (10 pont)

Nagyfeszültségű átviteli hálózat	hatásosan földelt
Erőművi szinkrongenerátor	szigetelt
Középfeszültségű kábelhálózat	Kis ellenálláson át földelt (hosszú földelés)
Középfeszültségű szabadvezeték hálózat	Petersen tekercsen át földelt (kompenzált)
Kisfeszültségű hálózat	Mereven földelt

5x1 pont

A nagyfeszültségű hálózat, a középfeszültségű szabadvezeték hálózat és a középfeszültségű kábelhálózat csillagpontkezelési módszereit hasonlítsa össze az alábbi szempontok szerint:

	1FN zárlat esetén az ép fázisok állandósult állapotbeli feszültsége a névleges fázisfeszültség hányszorosa?	1FN földzárlati áram nagysága (nagyságrend, [A])	A zárlatos vonal kiválasztása („könnyen lehetséges” / „nehéz”)
középfeszültségű szabadvezeték	akár $\sqrt{3}$	~ 10	nehéz
középfeszültségű kábel	$\sqrt{3}$	~ 100	könnyen lehetséges
nagyfeszültségű	1..1,4	több 100, több 1000, „nagy”	könnyen lehetséges

Max. 5 pont, rossz válaszáért 0,5pont levonás

Terem és ülőhely:..... NÉV:.....

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.

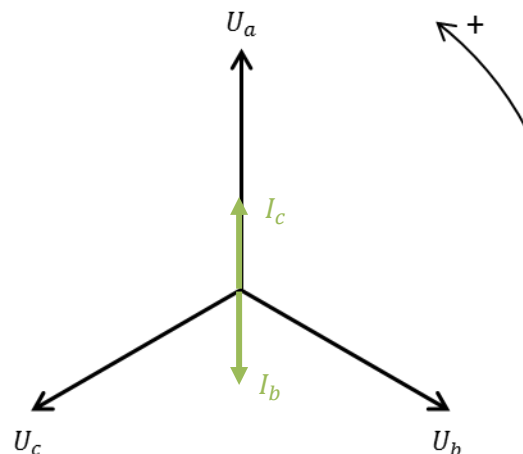
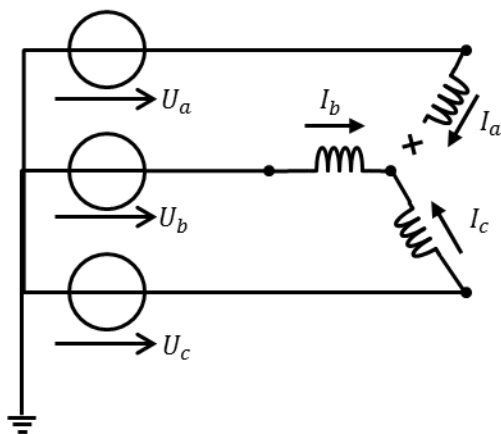
Ellenőrizték, hogy minden feladatlapot megkaptak-e! Utólagos reklamációt nem fogadunk el.

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

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

Egy háztartás éves villamosenergia fogyasztása Magyarországon átlagosan 2400-2800 kWh.	IGAZ
A gőzturbinák hatásfoka 70-80%.	HAMIS
A nagyobb szélerőművek egységteljesítménye jellemzően 2-5 MVA közé esik.	IGAZ
A kapcsolt termelési folyamat során a villamosenergia-termelés folyamán felszabaduló hőenergiát is hasznosítják.	IGAZ

1.2. Egy szimmetrikus háromfázisú feszültségrendszerre csillag elrendezésben egyforma tekercseket kapcsolunk. Egy hiba miatt az 'a' fázis tekercse megszakadt. A felvett referenciáirányok szerint irányhelyesen rajzolja be a fázorábrába a tekercseken átfolyó áramokat!



1.3 Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A kisfeszültségű transzformátorok 0,4 kV-os oldala jellemzően delta tekercselésű.	HAMIS
A földzárlati áram kisfeszültségen általában nagyobb, mint középfaszültségű kompenzált hálózaton.	IGAZ
Középfaszültségű kábelhálózat csillagpontját rendszerint kis (25 - 50 Ω-os) ellenálláson át földelik.	IGAZ

1.4 Adottak az alábbi fázisáramok: $I_a = 18e^{j0}$ A, $I_b = 15 e^{j120}$ A, $I_c = 15 e^{-j120}$ A. Határozza meg a negatív sorrendű összetevőt!

$$I_2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2 I_b + a I_c) = \frac{18 + (15,00 - 0,00j) + (15,00 + 0,00j)}{3} = 16,00A$$

1.5 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_F) állandó és a fogyasztóoldali meddő igény (Q_F) nulla!

$$P_{\max} = \frac{E_A^2}{2X}$$

1.6 Egy 20/0,4 kV-os, Dy5 transzformátor kisebb feszültségű oldalán a szimmetrikus összetevő áramok: $I_0 = 5$ A, $I_1 = 360$ A, $I_2 = 8$ A. Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok zérus és pozitív sorrendű összetevőit!

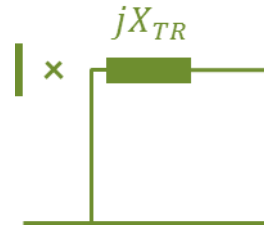
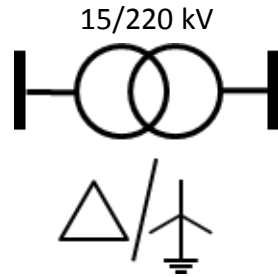
Zérus sorrendű összetevő nem megy át a delta oldalra:

$$I_0^N = 0 \text{ A}$$

Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

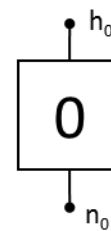
$$I_1^N = I_1^K \cdot \frac{0,4 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \cdot e^{+j \cdot 5 \cdot 30^\circ} = -6,24 + 3,60j \text{ A} = 7,20 \exp(+j150^\circ) \text{ A}$$

1.7 Az ábrán látható transzformátor névleges teljesítménye 140 MVA, rövidzárási feszültségesése 12%. (A transzformátor kisebb feszültségű oldalán $U_{alap} = 15$ kV, $S_{alap} = 140$ MVA.) Határozza meg a transzformátor zérus sorrendű modelljét és paramétereit viszonylagos egységben ($x_0 = x_1$)!!



$$U_{alap} = U_n, S_{alap} = S_n \rightarrow x_{TR} = \frac{\varepsilon}{100} = 0.12$$

1.8. Egy hálózaton bekövetkezik egy 2F(b,c) zárlat. Alább adott a hálózat pozitív, negatív és zérus sorrendű modelljének egyszerűsített vázlata, a hibahely feltüntetésével. Kösse össze a modelleket a zárlat számításához szükséges módon!



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

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

1.10. Képlet segítségével adja meg egy fázisáram teljes harmonikus torzításának definícióját, és magyarázza meg a jelöléseit!

$$THD_I = \frac{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}{I_1}$$

THD = Total Harmonic Distortion, I_h = a h -adik rendszámú harmonikus áram effektív értéke

2. feladat Egy **háromfázisú**, delta kapcsolású ipari szellőzőmotor kapcsain 400 V vonali feszültségeket mérünk, a motor a hálózatról fázisonként 25 A effektív értékű (szimmetrikus, pozitív sorrendű) áramot vesz fel. A motor teljesítménytényezője $\cos\varphi = 0,8$ (induktív).

A motort 100 m hosszú, négyerű (3 fázis + nulla), erenként 10 mm^2 keresztmetszetű, $0,028 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ fajlagos ellenállású kábelben keresztül tápláljuk.

- Számítsa ki a motor háromfázisú hatásos és meddő teljesítményfelvételét!
- Számítsa ki a kábelben fellépő háromfázisú wattos veszteséget!
- Számítsa ki a motor üzemeltetésének éves villamosenergia-költségét 50 Ft/kWh energiaárral kalkulálva, ha az ipari üzem 5/7-es folyamatos munkarendben dolgozik (=hétfő 6:00 órától péntek 22:00 óráig folyamatosan).

A mérő a kábel elején, a motor a kábel végén van, tehát a veszteséget az üzem fizeti.

(10 pont)

a)

$$P = \sqrt{3} U_n I_{\text{eff}} \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 25 \text{ A} \cdot 0,8 = 13,86 \text{ kW}$$

$$Q = \sqrt{3} U_n I_{\text{eff}} \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 25 \text{ A} \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} = 10,39 \text{ kvar} \quad (2 \times 2 \text{ pont})$$

b)

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{0,028 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 100 \text{ m}}{10 \text{ mm}^2} = 0,28 \Omega \quad (1 \text{ pont})$$

$$P_v = 3 I_{\text{eff}}^2 R = 3 \cdot (25 \text{ A})^2 \cdot 0,28 \Omega = 525 \text{ W} \quad (2 \text{ pont})$$

c)

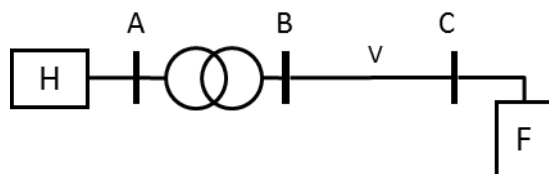
$$K = 50 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \cdot (13,86 \text{ kW} + 0,525 \text{ kW}) \cdot \left(52 \frac{\text{hét}}{\text{év}} \cdot 112 \frac{\text{h}}{\text{hét}} \right) = 4 \, 187 \, 866 \text{ Ft} \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$$

(2 pont a képlet, 1 pont a számérték)

3. feladat Adott az alábbi háromfázisú hálózat. A transzformátor kisfeszültségű oldalára egy vezetéken keresztül egy áramtartó fogyasztó csatlakozik.

- Legalább mekkora feszültséget kell tartani a „B” gyűjtősínen, hogy a fogyasztó csatlakozási pontján a feszültség a névleges érték 92,5 %-a felett legyen?
- Mennyi a vezetéken disszipálódó háromfázisú hatásos teljesítmény veszteség?
- Határozza meg a vezetékekbe a B ponton beáramló hatásos és meddő teljesítményt!

(A hálózat szimmetrikus. A fogyasztó áramát a névleges adataiból számolja! A vezetéken eső feszültséget közelítse a hosszirányú feszültségeséssel!) (10 pont)



$$\begin{array}{llll}
 U_n^H = 20 \text{ kV} & 20/0,4 \text{ kV} & Z^V & U_n^F = 0,4 \text{ kV} \\
 S_z^H = \infty & S_n^{TR} = 160 \text{ kVA} & = 0,16 & S_n^F = 50 \text{ kVA} \\
 & \varepsilon = 6\% & + j0,19 \, \Omega & \cos\varphi = 0,8 \text{ ind.}
 \end{array}$$

A fogyasztó árama:

$$I_{fogy} = S_n^F / \sqrt{3} / U_n^F * (\cos\varphi - j * \sin\varphi) = 57,3 - j 43,3 \text{ A} \quad 2 \text{ pont}$$

A feszültségesés a v vezetéken:

$$DU_h = \text{real}(Z_v) * \text{real}(I_{fogy}) - \text{imag}(Z_v) * \text{imag}(I_{fogy}) = 17,4 \text{ V} \quad 2 \text{ pont}$$

a) Tehát a „B” ponton szükséges fázisfeszültség:

$$U_{B,f'} = (U_n^F / \sqrt{3} * 0,925 + DU_h) = 231,0 \text{ V.} \quad 2 \text{ pont}$$

$$b) P_v = 3 * \text{real}(Z_v) * \text{abs}(I_{fogy})^2 = 2500 \text{ W} \quad 2 \text{ pont}$$

c) Az alábbiak közül mindkettő elfogadható:

- Közelítés: $S_B = 3 * U_{B,f'} * \text{conj}(I_{fogy}) = 39,7 \text{ kW} + j * 30,0 \text{ kvar} \quad 2 \text{ pont}$
- Pontosabban: $S_B = 3 * (U_n^F / \sqrt{3} * 0,925 + Z_v * I_{fogy}) * \text{conj}(I_{fogy}) = 39,5 \text{ kW} + j * 30,7 \text{ kvar}$

4. feladat Egy hálózati elem (pl. távvezeték vagy forgógép) fázisimpedancia mátrixának (Z_{ff}) speciális tulajdonságai meghatározzák a sorrendi impedancia mátrix (Z_{ss}) jellegét.

- Válaszoljon az alábbi táblázat kérdéseire!
- Az előkészített Z_{ss} mátrixokban tüntesse fel – jellegre – a mátrixok elemeit, saját bevezetett jelöléseivel (a „...” jelű helyeken)! Jelölje a Z_{ss} mátrix nulla értékű elemeit!

A ciklikus és szimmetrikus fázisimpedancia mátrix értékei legyenek:

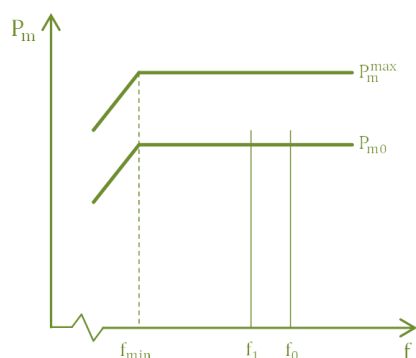
$$Z_{\text{ön}} = 0,4 + j2 \, \Omega \text{ és } Z_k = 0,15 + j0,9 \, \Omega!$$

(10 pont)

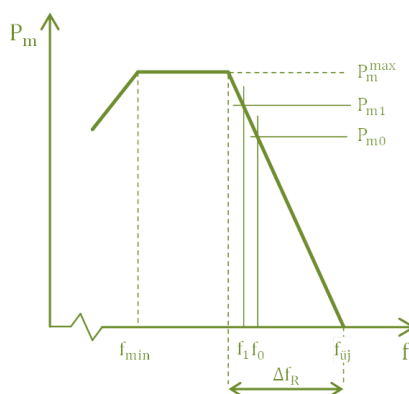
A fázisimpedancia mátrix (Z_{ff})	A sorrendi impedancia mátrix (Z_{ss})
$\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_k & Z_k \\ Z_k & Z_{\text{ön}} & Z_k \\ Z_k & Z_k & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$ ciklikus? <u>IGAZ</u> HAMIS szimmetrikus? <u>IGAZ</u> HAMIS 2x0,5 pont	$\begin{bmatrix} Z_{00} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{11} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{22} \end{bmatrix}$ Határozza meg a mátrix elemeit és, ahol tudja, értékeit! 3x1 pont $Z_{00} = Z_{\text{ön}} + 2Z_k = 0,7 + 3,8j \, \Omega$ $Z_{11} = Z_{\text{ön}} - Z_k = 0,25 + 1,1j \, \Omega$ $Z_{22} = Z_{11} = 0,25 + 1,1j \, \Omega$
$\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_m & Z_n \\ Z_n & Z_{\text{ön}} & Z_m \\ Z_m & Z_n & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$ ciklikus? <u>IGAZ</u> HAMIS szimmetrikus? IGAZ <u>HAMIS</u> 2x0,5 pont	$\begin{bmatrix} Z_{00} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{11} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{22} \end{bmatrix}$ $Z_{11} = Z_{22}$? IGAZ <u>HAMIS</u> Z_{ss} diagonális? <u>IGAZ</u> HAMIS Z_{ss} szimmetrikus? <u>IGAZ</u> HAMIS 4x0,5 pont
$\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_m & Z_n \\ Z_m & Z_{\text{ön}} & Z_p \\ Z_n & Z_p & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$ ciklikus? IGAZ <u>HAMIS</u> szimmetrikus? <u>IGAZ</u> HAMIS 2x0,5 pont	$\begin{bmatrix} Z_{00} & Z_{01} & Z_{02} \\ Z_{10} & Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{20} & Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}$ $Z_{11} = Z_{22}$? IGAZ <u>HAMIS</u> Z_{ss} diagonális? IGAZ <u>HAMIS</u> Z_{ss} szimmetrikus? IGAZ <u>HAMIS</u> 4x0,5 pont

5. feladat 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)

- P_f karakterisztika felfelé
- frekvencia csökken
- P_m növekszik kisebb frekvencián állandósul
- 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)

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