

13A. Hálózat leképezése szimmetrikus összetevő áramkörökkel.

13.1 Transzformátor zérus sorrendű modellje

Szám adatok a következőkhöz: Str MVA, UN / Uk kV/kV, Xtr %, Zcs a csillagponti földelő imp.

Ábra (modell) és impedancia értékek számításával:

□ pozitív és zérus sorrendű áramköri modell, az Uk oldalra számított impedanciákkal

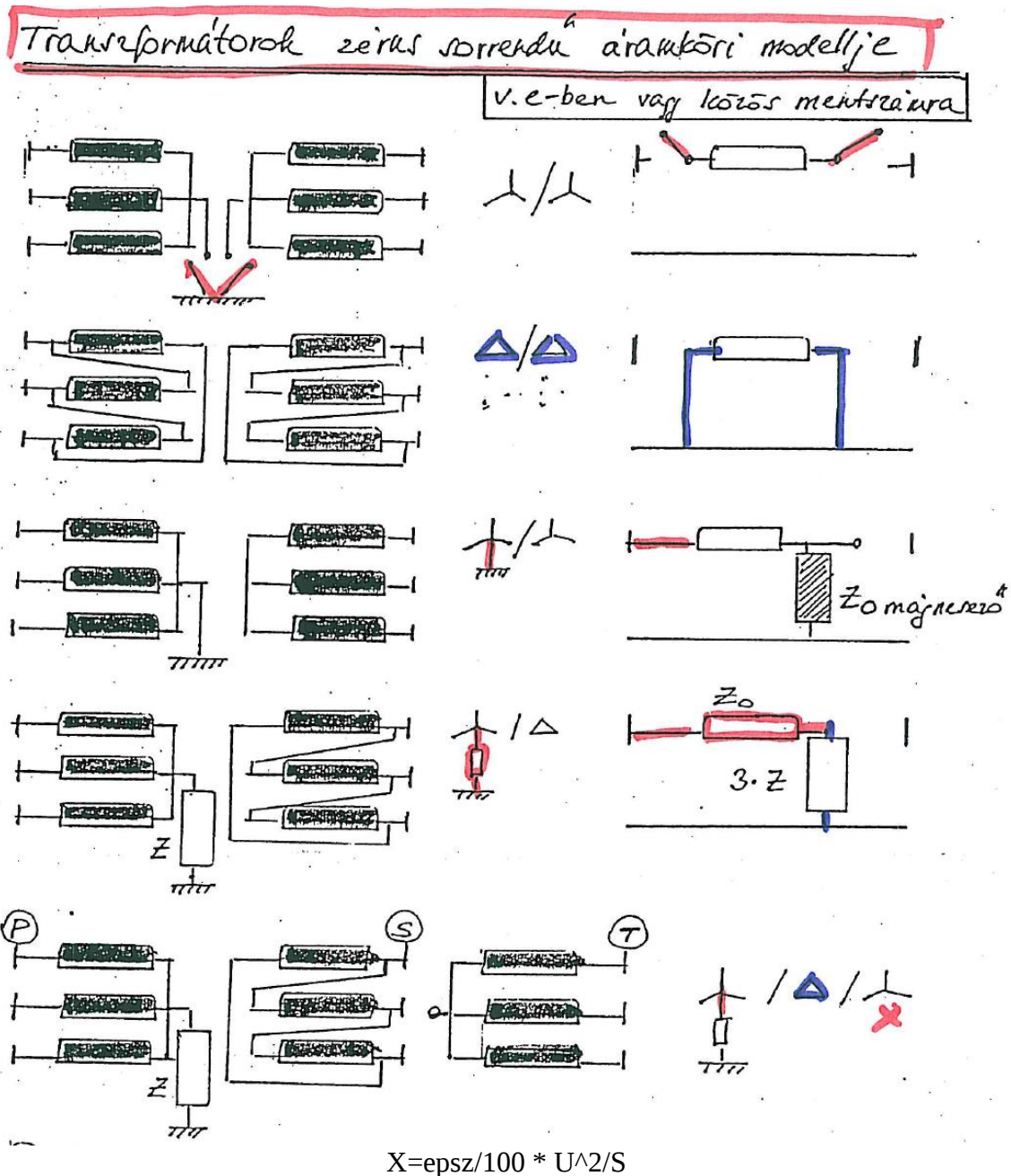
a) kapcsolás: Yd , Zcs=0

b) kapcsolás: Yd Zcs az Y oldalon

c) kapcsolás: Dd

d) kapcsolás: Yyd Y : közvetlenül földelt, y: nem földelt, csak pozitív és zérus sorrendű áramköri modell kell, számítás nem

e) kapcsolás: Ydd Y : közvetlenül földelt, csak pozitív és zérus sorrendű áramköri modell kell, számítás nem



13.2 Az 1FN(a) ,2F(b,c), 3FN, 2FN(b,c) zárlat leképezése, számítása szimmetrikus összetevőkkel

Ábrák, magyarázat, képletek, számítás:

□ A megadott 1FN(a) , 2F(b,c) vagy 3FN, 2FN(b,c) zárlat hálózati egyenletei,

□ Az adott zárlat modellezése szimmetrikus összetevő hálózatokkal

Példamegoldás:

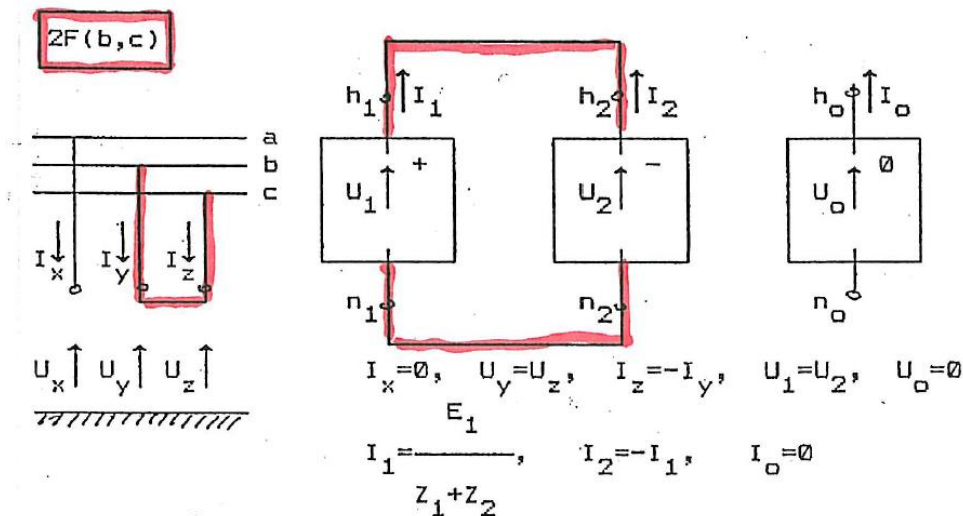
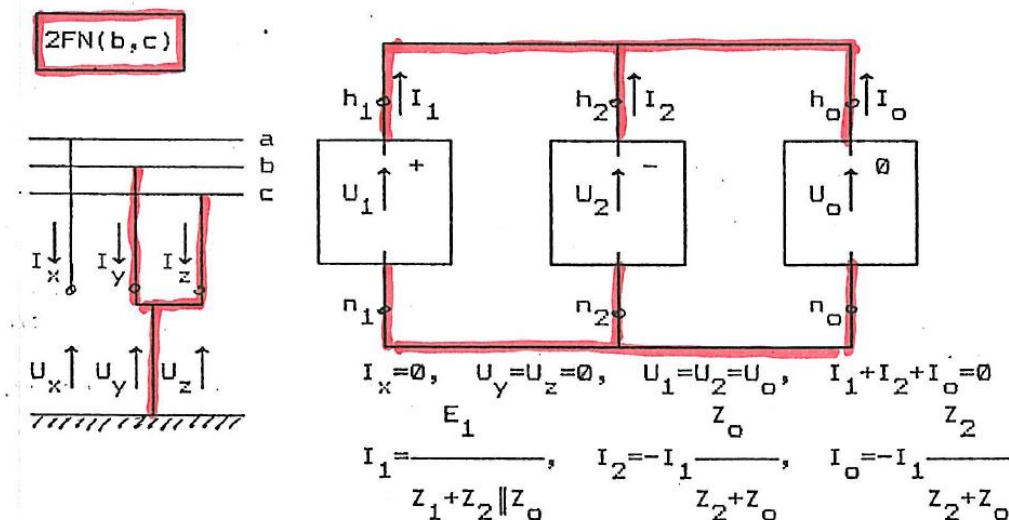
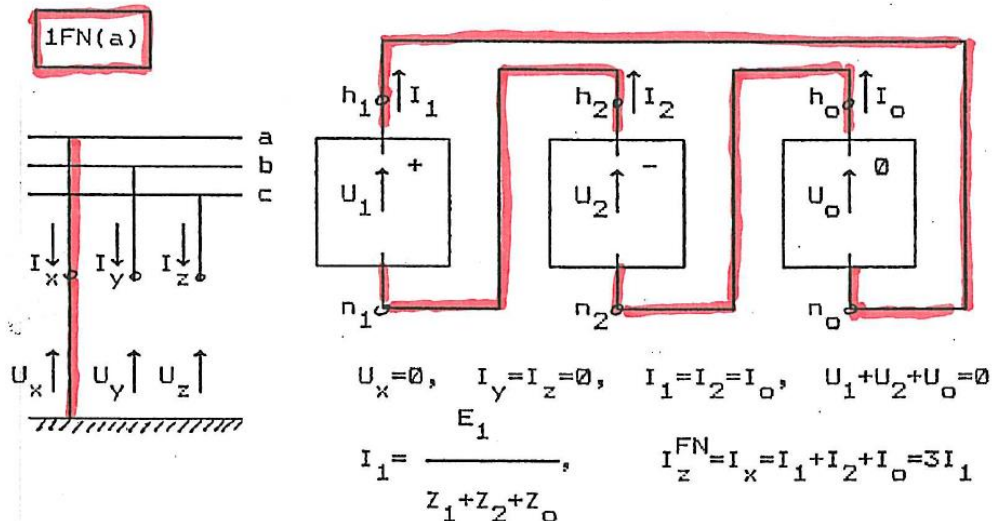
A megadott helyen fellépő 3F, 1FN zárlat számítása az alábbi ve-ben megadott adatokkal

a) □ Számítsa ki, hogy az adott („forrás-transzformátor-távvezeték”) terheletlen hálózaton, az adott helyen bekövetkező

3F vagy 1FN zárlat okoz-e nagyobb hibahelyi áramot. Milyen beavatkozással érhető el, hogy a kétféle hiba azonos abszolút értékű áramot okozzon? Számítsa ki a szükséges impedanciát!

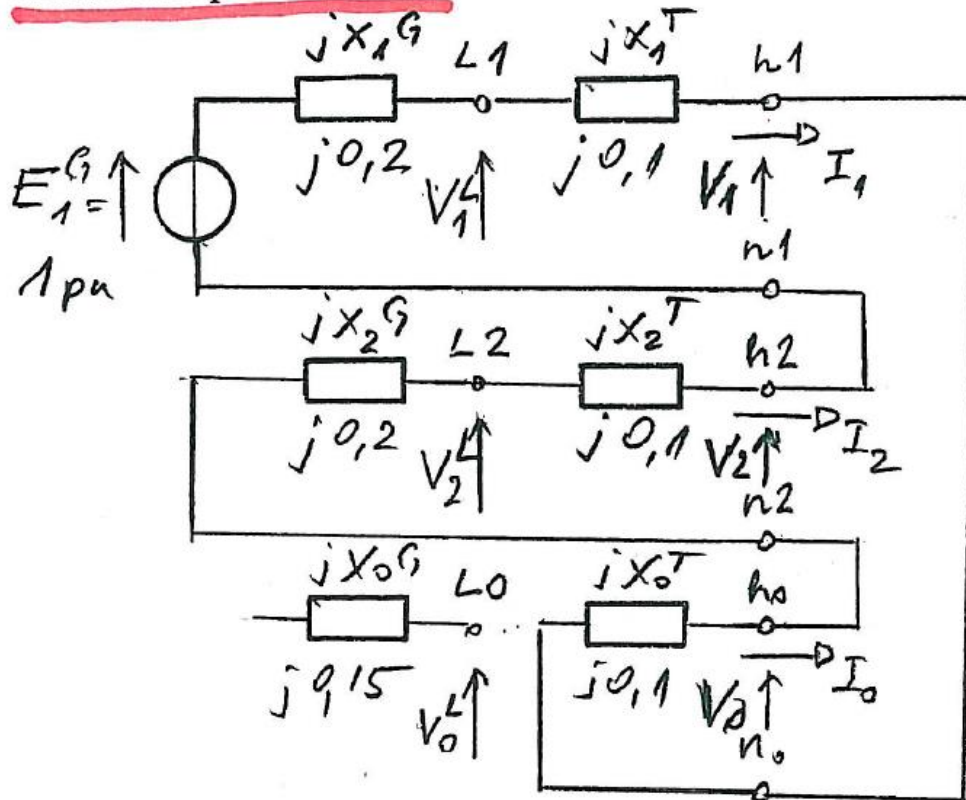
b) □ Számítsa ki az adott helyen bekövetkező 1FN(a) zárlat hatására kialakuló fázisáramokat a transzformátor N és K oldalán!

SÖNTHIBAK



1. LG (a phase-to-ground) fault

Network sequence model:



At the place of the fault

- Sequence currents

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{E_1}{j(X_1 + X_2 + X_0)} = -j \frac{1}{0.7} \text{ pu}$$

- Sequence voltages

$$V_1 = E_1 - Z_1 I_1 = 1 - j0.3(-j10/7) = \frac{4}{7} \text{ pu}$$

$$V_2 = 0 - Z_2 I_2 = 0 - j0.3(-j10/7) = -\frac{3}{7} \text{ pu}$$

$$V_0 = 0 - Z_0 I_0 = 0 - j0.1(-j10/7) = -\frac{1}{7} \text{ pu}$$

- Phase currents

$$I_a = I_0 + I_1 + I_2 = 3 I_1 = -j \frac{30}{7} \text{ pu}$$

$$I_b = I_c = I_1(1 + a + a^2) = 0$$

$$|I_{sc}| = 4.286 \text{ pu}$$

- Phase voltages

$$V_a = V_o + V_1 + V_2 = 0$$

$$V_b = V_o + a^2 V_1 + a V_2 = -\frac{1}{7} + \frac{4}{7} e^{-j120^\circ} - \frac{3}{7} e^{j120^\circ} = -\frac{3}{14} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ pu}$$

$$V_c = V_o + a V_1 + a^2 V_2 = -\frac{1}{7} + \frac{4}{7} e^{j120^\circ} - \frac{3}{7} e^{-j120^\circ} = -\frac{3}{14} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ pu}$$

$$|V_b| = |V_c| = 0.89214 \text{ pu}$$

Transformer LV (Δ connected) side or generator terminal

- Sequence currents

$$I_0^\Delta = 0$$

$$I_1^\Delta = I_1 e^{-j330^\circ} = \frac{10}{7} e^{-j60^\circ}$$

$$I_2^\Delta = I_2 e^{j330^\circ} = \frac{10}{7} e^{j240^\circ}$$

- Sequence voltages seeing from the place of the fault

$$V_1^L = E_1 - Z_1^G I_1 = 1 - j0.2(-j10/7) = \frac{5}{7} \text{ pu}$$

$$V_2^L = 0 - Z_2^G I_2 = 0 - j0.2(-j10/7) = -\frac{2}{7} \text{ pu}$$

$$V_0^L = 0$$

- Sequence voltages phase shifted according to transformer clock number

$$V_1^\Delta = V_{1L} e^{-j330^\circ} = \frac{5}{7} e^{j30^\circ} \text{ pu}$$

$$V_2^\Delta = V_{2L} e^{j330^\circ} = \frac{2}{7} e^{j150^\circ} \text{ pu}$$

$$V_0^\Delta = 0$$

- Phase currents

$$I_a^\Delta = I_0^\Delta + I_1^\Delta + I_2^\Delta = 0 + \frac{10}{7} \left(e^{-j60^\circ} + e^{j240^\circ} \right) = -j \frac{10\sqrt{3}}{7} \text{ pu}$$

$$I_b^\Delta = I_0^\Delta + a^2 I_1^\Delta + a I_2^\Delta = 0 + \frac{10}{7} \left(e^{-j60^\circ} \cdot e^{-j120^\circ} + e^{j240^\circ} \cdot e^{j120^\circ} \right) = 0$$

$$I_c^\Delta = I_0^\Delta + a I_1^\Delta + a^2 I_2^\Delta = 0 + \frac{10}{7} \left(e^{-j60^\circ} \cdot e^{j120^\circ} + e^{j240^\circ} \cdot e^{-j120^\circ} \right) = j \frac{10\sqrt{3}}{7} \text{ pu}$$

- Phase voltages

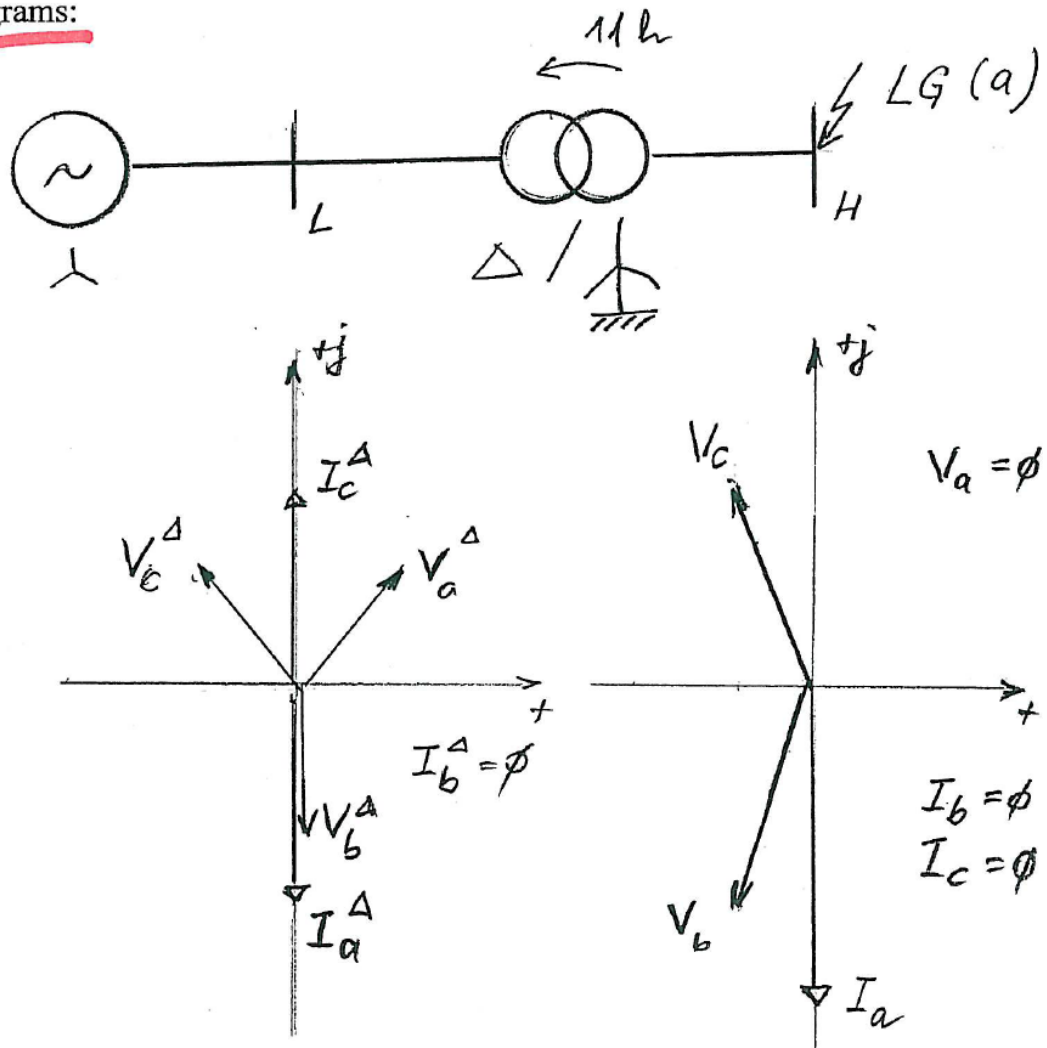
$$V_a^\Delta = V_0^\Delta + V_1^\Delta + V_2^\Delta = 0 + \frac{5}{7} e^{j30^\circ} + \frac{2}{7} e^{j150^\circ} = \frac{3\sqrt{3}}{14} + j \frac{1}{2} \text{ pu}$$

$$V_b^\Delta = V_0^\Delta + a^2 V_1^\Delta + a V_2^\Delta = 0 + \frac{5}{7} e^{-j120^\circ} \cdot e^{j30^\circ} + \frac{2}{7} e^{j120^\circ} \cdot e^{j150^\circ} = -j1 \text{ pu}$$

$$V_c^\Delta = V_0^\Delta + a V_1^\Delta + a^2 V_2^\Delta = 0 + \frac{5}{7} e^{j120^\circ} \cdot e^{j30^\circ} + \frac{2}{7} e^{-j120^\circ} \cdot e^{j150^\circ} = -\frac{3\sqrt{3}}{14} + j \frac{1}{2} \text{ pu}$$

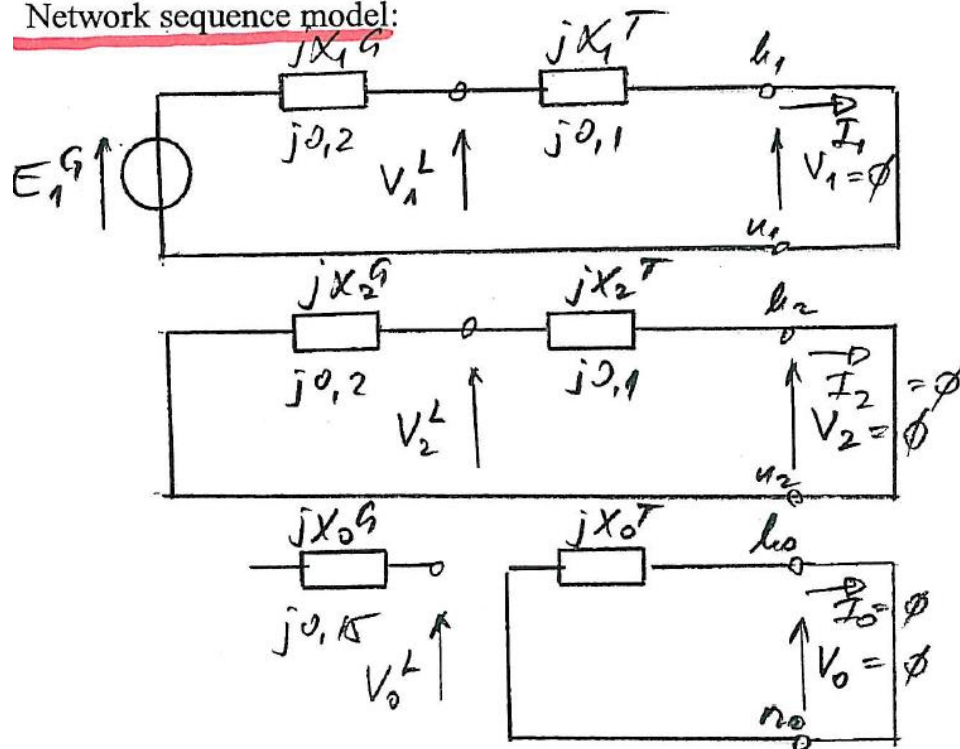
$$|V_a| = |V_c| = 0.6227 \text{ pu}$$

Phasor diagrams:



3L (a-b-c phases symmetrical) fault

Network sequence model:



At the place of the fault

- Sequence currents

$$I_1 = \frac{E_1}{Z_1} = \frac{1}{j0.3} = -j\frac{10}{3} \text{ pu}$$

$$I_2 = 0$$

$$I_0 = 0$$

- Sequence voltages

$$V_1 = E_1 - Z_1 I_1 = 1 - j0.3 \cdot \left(-j\frac{10}{3}\right) = 0 \text{ pu}$$

$$V_2 = V_0 = 0$$

- Phase currents

$$I_a = I_1 = -j\frac{10}{3} \text{ pu}$$

$$I_b = a^2 I_1 = \frac{10}{3} e^{-j210^\circ} = -\frac{5\sqrt{3}}{3} + j\frac{5}{3} \text{ pu}$$

$$I_c = a I_1 = \frac{10}{3} e^{j30^\circ} = \frac{5\sqrt{3}}{3} + j\frac{5}{3} \text{ pu}$$

$$|I_{sc}| = |I_a| = |I_b| = |I_c| = 3.3333 \text{ pu}$$

- Phase voltages

$$V_a = V_b = V_c = 0$$

Transformer LV (Δ connected) side or generator terminal

- Sequence currents

$$I_0^\Delta = 0$$

$$I_1^\Delta = I_1 e^{-j330^\circ} = \frac{10}{3} e^{-j60^\circ} \text{ pu}$$

$$I_2^\Delta = 0$$

- Sequence voltages seeing from the place of the fault

$$V_1^L = E_1 - Z_1^G I_1 = 1 - j0.2(-j10/3) = \frac{1}{3} \text{ pu}$$

$$V_2^L = V_0^L = 0$$

- Sequence voltages phase shifted according to transformer clock number

$$V_1^\Delta = V_{1L} e^{-j330^\circ} = \frac{1}{3} e^{j30^\circ} \text{ pu}$$

$$V_2^\Delta = V_0^\Delta = 0$$

- Phase currents

$$I_a^\Delta = I_1^\Delta = \frac{10}{3} e^{-j60^\circ} = \frac{5}{3} - j\frac{5\sqrt{3}}{3} \text{ pu}$$

$$I_b^\Delta = a^2 I_1^\Delta = \frac{10}{3} (e^{-j60^\circ} \cdot e^{-j120^\circ}) = -\frac{10}{3} \text{ pu}$$

$$I_c^\Delta = a I_1^\Delta = \frac{10}{3} (e^{-j60^\circ} \cdot e^{j120^\circ}) = \frac{5}{3} + j\frac{5\sqrt{3}}{3} \text{ pu}$$

- Phase voltages

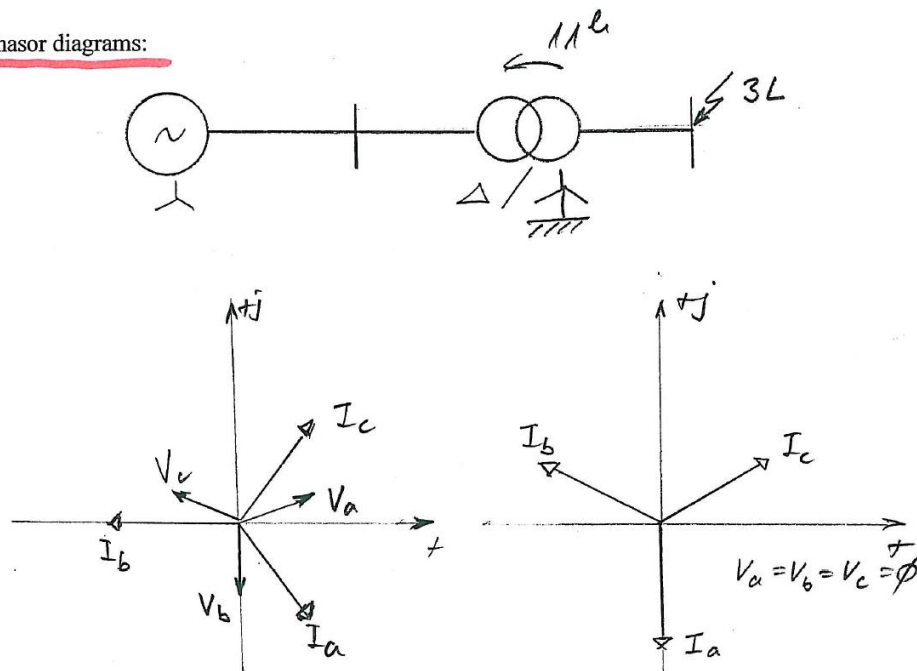
$$V_a^\Delta = V_1^\Delta = \frac{1}{3} e^{j30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{6} + j\frac{1}{6} \text{ pu}$$

$$V_b^\Delta = a^2 V_1^\Delta = \frac{1}{3} e^{-j120^\circ} \cdot e^{j30^\circ} = -j\frac{1}{3} \text{ pu}$$

$$V_c^\Delta = a V_1^\Delta = \frac{1}{3} e^{j120^\circ} \cdot e^{j30^\circ} = -\frac{\sqrt{3}}{6} + j\frac{1}{6} \text{ pu}$$

$$|V_a| = |V_b| = |V_c| = 0.3333 \text{ pu}$$

Phasor diagrams:



13.3 Zárlatok összehasonlítása a hibahelyi áram és átviteli impedancia változása szempontjából

Ábrák, magyarázat, képletek:

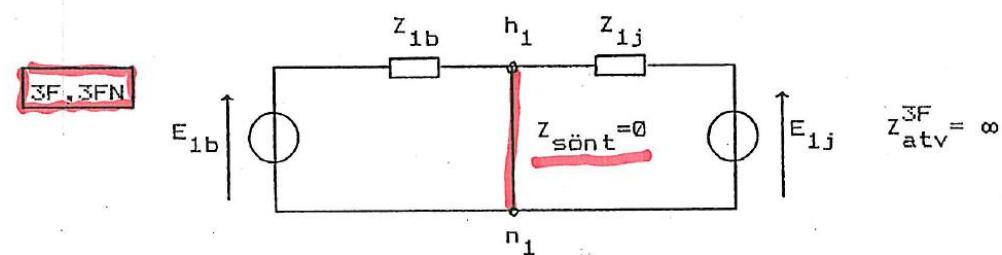
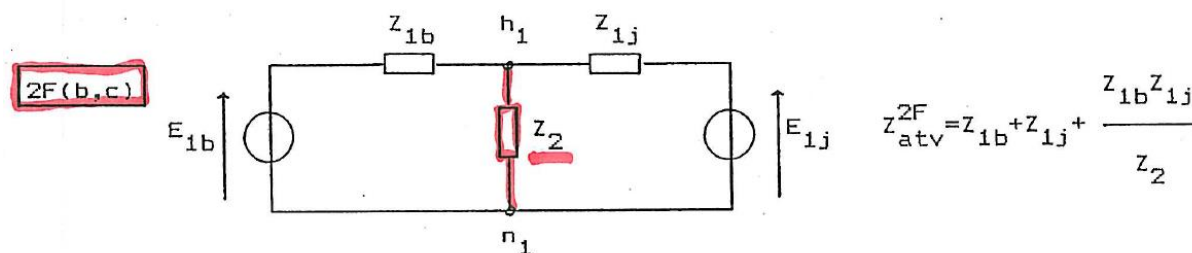
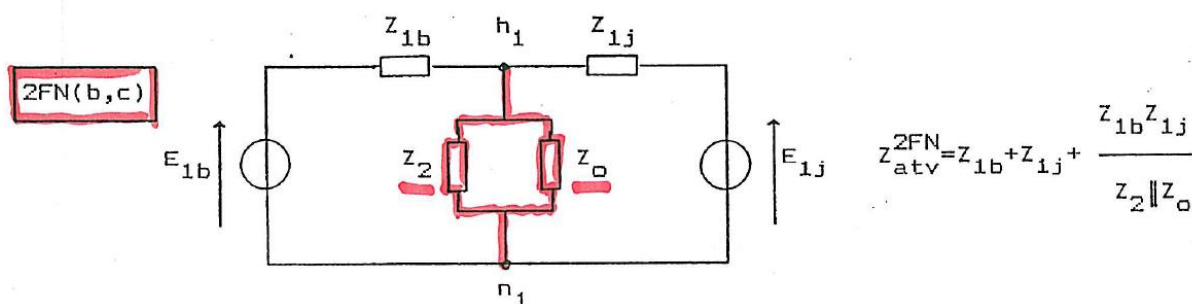
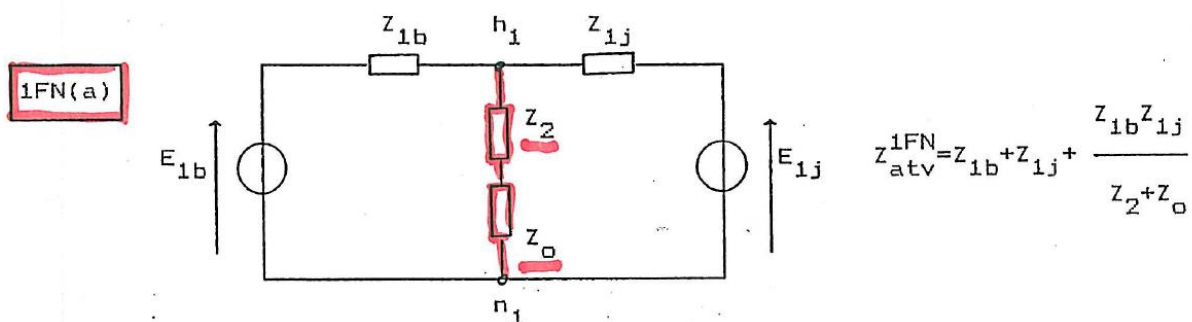
a) Az 1FN(a), 2F(b,c), 2FN(b,c), 3F zárlatok okozta áramok nagysága adott hibahelyen

b) Mi a feltétele annak hogy a legnagyobb áramot eredményező zárlat a 3F zárlat legyen?

c) Az átviteli impedancia értelmezése a hálózat két pontja között, az egyes zárlatok átviteli impedanciát befolyásoló hatása.

SÖNTHIBÁK

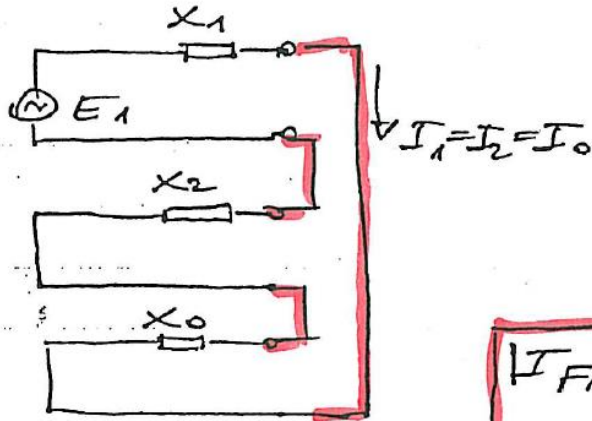
átviteli (transzfer) impedanciát befolyásoló hatása



$$Z_{atv}^{ép} < Z_{atv}^{1FN} < Z_{atv}^{2F} < Z_{atv}^{2FN} < Z_{atv}^{3F}$$

A₂ 1 FN rövidzárlati áram korlátozása (közvetlenül földelt csatlakoztató kábelzetben)

A zárlati képre vonatkozóan ($R \ll X$ esetén)



X_1, X_2, X_0 :
eredő mérőpont

$X_2 \approx X_1$
 $E_1 \approx U_{nf}$

$$|I_{FN}| \approx \frac{3 \cdot U_{nf}}{2X_1 + X_0}$$

$$|I_{3F}| = U_{nf} / X_1$$

Ha $X_0 < X_1$ akkor $I_{FN} > I_{3F}$

I_{FN} és I_{3F} csökkentése (X_1 növelése)

- hálózati gátlók
- sugárviták (közvetítő)
- gyújtó - bontás
- soros zárlatkorlátozó fogószekvenciák

I_{FN} csökkentése (X_0 növelése)

- közvetlen földelés "ritkítása"
- csatlakozási zárlatkorlátozó fogószekvenciák

Zárlati teljesítmény

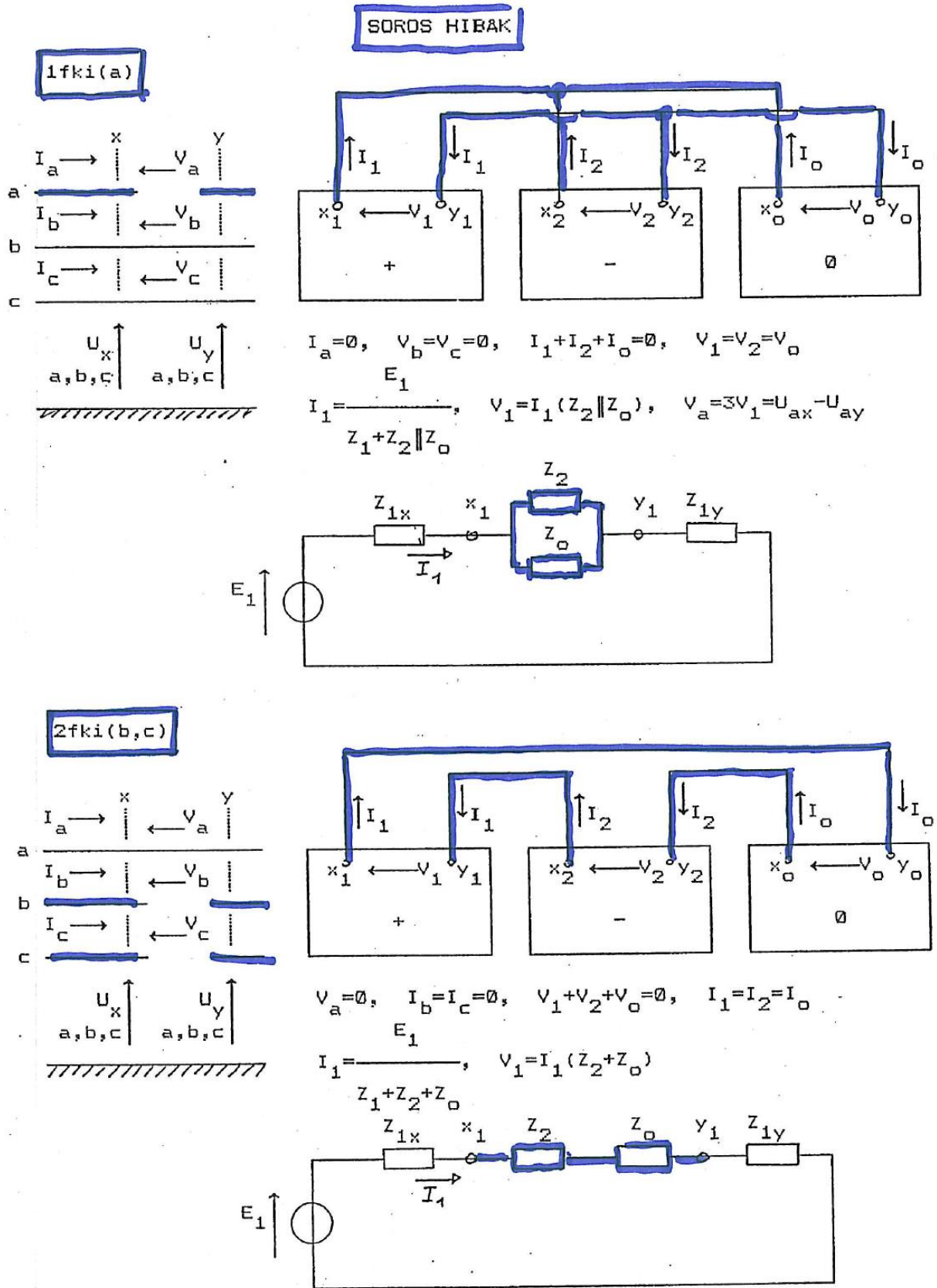
$$S_{3F} = 3U_{nf} \cdot I_{3F} ; S_{FN} = 3 \cdot U_{nf} I_{FN}$$

Nagobb feszültségnél nagyobb zárlati áram

13.4 Kikapcsolások leképezése, összehasonlítás az átviteli impedancia változása szempontjából

Ábrák, magyarázat, képletek:

- Az 1Fki(a) soros hiba modellje, szimmetrikus összetevő hálózatokkal történő leképezése
- A 2Fki(b,c) soros hiba modellje, szimmetrikus összetevő hálózatokkal történő leképezése
- Az átviteli impedancia értelmezése a hálózat két pontja között, az egyes soros hibák átviteli impedanciát befolyásoló hatása.



14.1 Transzformátor 1FN kapcsolárlata, háromfázisú áramkép a gerjesztési egyensúly alapján

Az elvi rendszer: Yd (vagy Dy) két tekercselésű háromfázisú transzformátor, a delta oldalról táplálva, a közvetlenül földelt csillag oldalon 1FN rövidzárlat (az a jelű fázis kivezetésén)

Az adatok Kapcsolási csoport: Yd11 áttétel $a_t = 120 / 10 \text{ kV} / \text{kV}$ (vonali) Salap = 40 MVA (3f)

A zárlatos csillag-oldalon a zárlati áram $I_a = 6.0$ ve $\square$ fok

Ábra: $\square$ a kapcsolási csoportnak, a táplálásnak és az 1FN zárlatnak megfelelően, a pozitív áramirányok rögzítése

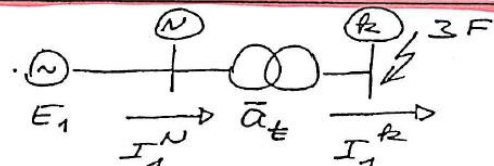
Megadott 1 FN ve ismeretében számításra meghatározandó:

a) $\square$ a zárlatos oldali I (abc) fázisáramok kA-ben

b) $\square$ a tápoldali I (abc) fázisáramok kA-ben

Transzformátorok határa a zárlati áramképre

• 3F $\downarrow$



$$I_2 = 0 \quad I_0 = 0$$

$$\bar{a}_t = a_t \cdot e^{j\varphi}$$

Az $a_t = 1$ ($1:1$ áttétel) a v.e.-ben számításokat felel meg. Az a operátor: $a = e^{j120^\circ}$

$$I_a^k = I_1^k \quad I_b^k = a^2 I_1^k \quad I_c^k = a I_1^k$$

$$I_1^N = I_1^k \cdot \frac{1}{a_t} \cdot e^{j\varphi}$$

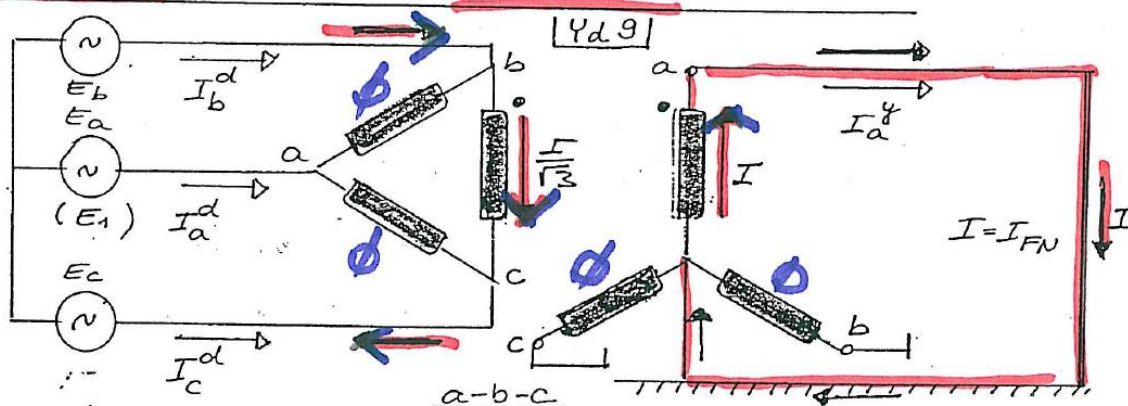
$$I_1^N = I_1^k \cdot e^{j\varphi} \quad \text{v.e.-ben}$$

$$I_a^N = I_1^N \quad I_b^N = a^2 I_1^N \quad I_c^N = a I_1^N$$

φ : kapcsolási csoport szerint

• 1FN $\downarrow$

tr $a_t = 1$ (v.e.-ben értelmezni)



$$I_a^d = 0 \quad I_b^d = \frac{I}{\sqrt{3}} \quad I_c^d = -I_b^d \quad I_a^y = I \quad I_b^y = 0 \quad I_c^y = 0$$

$$I_0^d = 0$$

$$I_1^d = I_1^y \cdot e^{j90^\circ} = +j I/3$$

$$I_2^d = I_2^y \cdot e^{j90^\circ} = +j I/3$$

$$I_0^y = I/3 \quad I_1^y = I_2^y = I_0^y$$

$$I_1^y = I/3$$

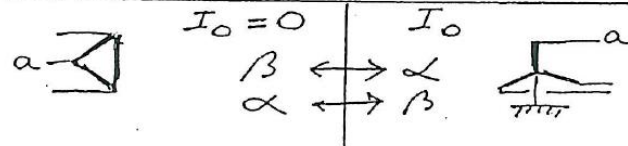
$$I_2^y = I/3$$

$$I_\alpha^d = 0$$

$$I_\beta^d = \frac{1}{\sqrt{3}} I$$

$$I_\alpha^y = \frac{2}{3} I$$

$$I_\beta^y = 0$$



14.2 Transzformátor 2F kapcsolárlata, háromfázisú áramkép a gerjesztési egyensúly alapján

Az elvi rendszer: Yd (vagy Dy) két tekercselésű háromfázisú transzformátor, az Y (vagy D) oldalról táplálva,

a másik oldali (d vagy y) kivezetésen 2F rövidzárlat (a b-c fázisok között)

Az adatok : Kapcsolási csoport: Yd11 áttétel at = 120 / 10 kV / kV (vonali) Salap = 40 MVA (3f)

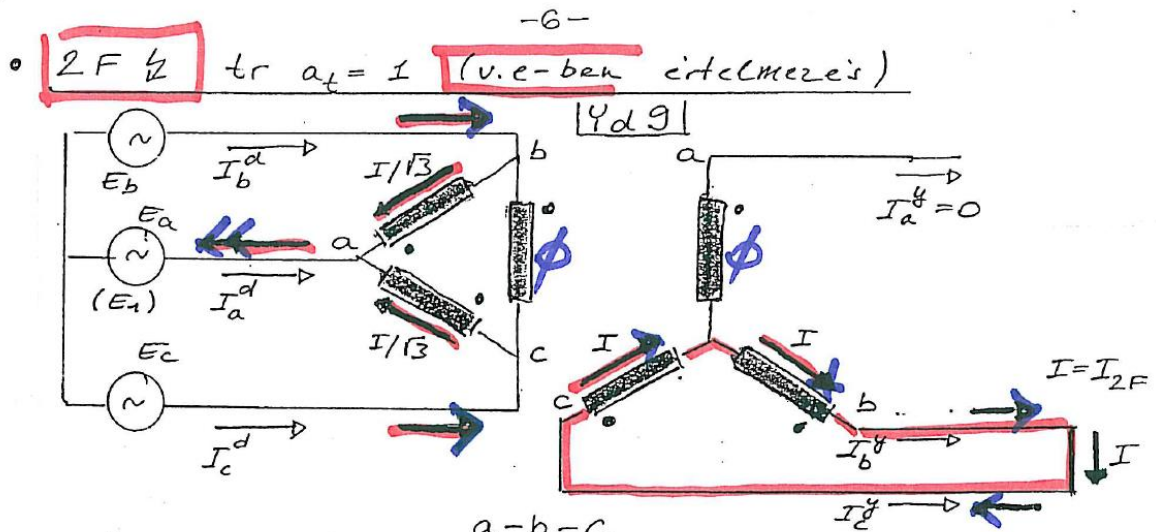
A zárlatos oldalon Ib = 6.0 ve 0 fok

Ábra : □ a kapcsolási csoportnak, a táplálásnak és a 2F zárlatnak megfelelően, a pozitív áramirányok rögzítése

Megadott I 2F ve ismeretében számításal meghatározandó:

a) □ a zárlatos oldali I (abc) fázisáramok kA-ben

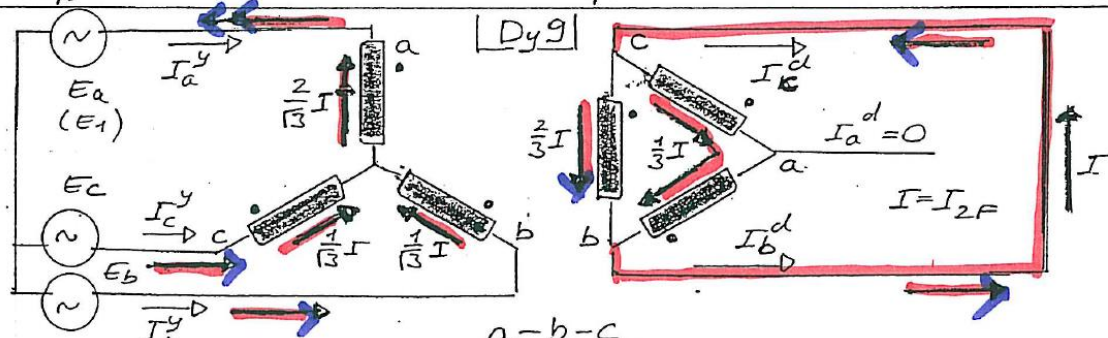
b) □ a tápoldali I (abc) fázisáramok kA-ben



$$\underline{I_a^d = -2 \frac{I}{\sqrt{3}} \quad I_b^d = I_c^d = I/\sqrt{3} \quad I_a^y = 0 \quad I_b^y = I \quad I_c^y = -I}$$

$$\underline{I_1^d = I_1^y e^{+j90^\circ} = -I/\sqrt{3} \quad I_1^y = j I/\sqrt{3}} \\ \underline{I_2^d = I_2^y e^{-j90^\circ} = -I/\sqrt{3} \quad I_2^y = -I_1^y}$$

$$\underline{I_\alpha^d = -2 \frac{I}{\sqrt{3}} \quad I_\alpha^y = 0} \\ \underline{I_\beta^d = 0 \quad I_\beta^y = I}$$



$$\underline{I_a^y = -\frac{2}{\sqrt{3}} I \quad I_b^y = I_c^y = I/\sqrt{3} \quad I_a^d = 0 \quad I_b^d = I \quad I_c^d = -I}$$

$$\underline{I_1^y = I_1^d e^{+j90^\circ} = -I/\sqrt{3} \quad I_1^d = j I/\sqrt{3}} \\ \underline{I_2^y = I_2^d e^{-j90^\circ} = -I/\sqrt{3} \quad I_2^d = -I_1^d}$$

$$\underline{I_\alpha^y = -\frac{2}{\sqrt{3}} I \quad I_\alpha^d = 0} \\ \underline{I_\beta^y = 0 \quad I_\beta^d = I}$$

15. Távfvetéki zárlat áram- és feszültségképe

15.1 Háromfázisú szabadvezeték végponti 2F és 2FN rövidzárlata négyvezetős modell alapján

Az elvi rendszer: ideális, földelt csillagpontú Eabc forrás + távvezeték, átlagos Z_{0n} és Z_k impedancia.

Az adatok : E_a = 120 / 1.73 kV (fázis) Z_{0n} = j 0.6 ohm/km Z_k = j 0.2 ohm/km hossz: H = 30 km

Ábra, elemek meghatározása:

a) ☐ négyvezetős modell és számított modell-értékek

b) ☐ U_{abc} - I_{abc} fázorábra, minőségileg helyesen a 2F és a 2FN végponti zárathoz: ☐ végpont (a zárlat helye) ☐ táppont

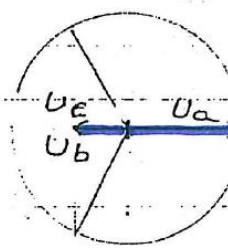
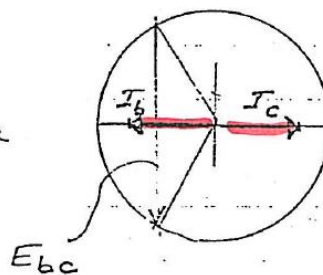
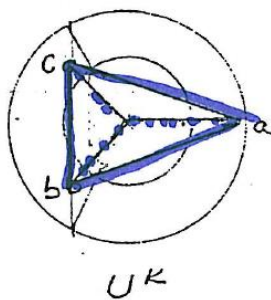
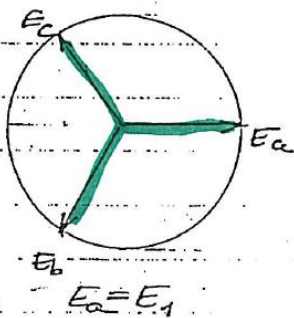
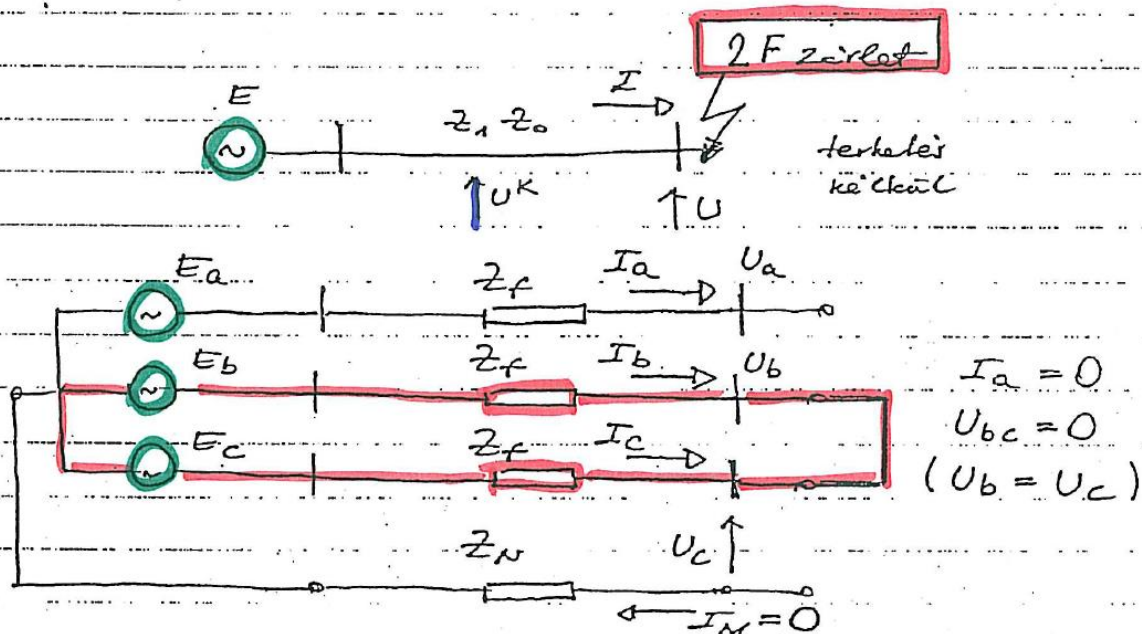
A 2F és 2FN zárati áram meghatározása számítással :

c) ☐ 2F I (abc) fázisáramok, I (o12) szimm. összetevők az I (abc) alapján

d) ☐ 2FN I (abc) fázisáramok, I (o12) szimm. összetevők az I (abc) alapján

-10-

Záratok (zárlata) reprezentatív modellje



$R \ll X, Z = jX$

$$E_{bc} = E_b - E_c = -j \sqrt{3} E_a$$

$$I_c = -I_b \quad U_b = U_c = -\frac{U_a}{2}$$

$$U_a = E_a$$

$$I_b = \frac{E_{bc}}{2z_f} = -j \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{E_a}{z_1}$$

$$I_{2F} = |I_b| = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{3F}$$

$$I_c = -I_b = +j \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{E_a}{z_1}$$

$$I_a = 0$$

$$I_2 = -I_1, \quad I_0 = 0$$

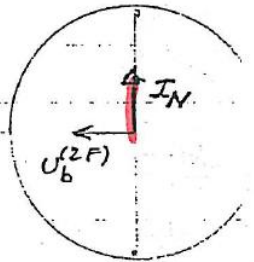
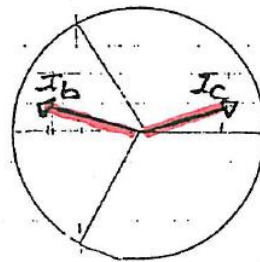
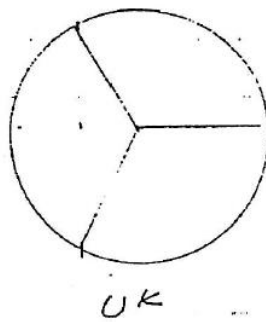
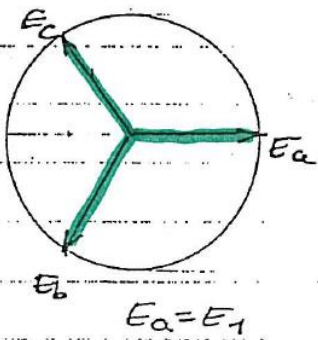
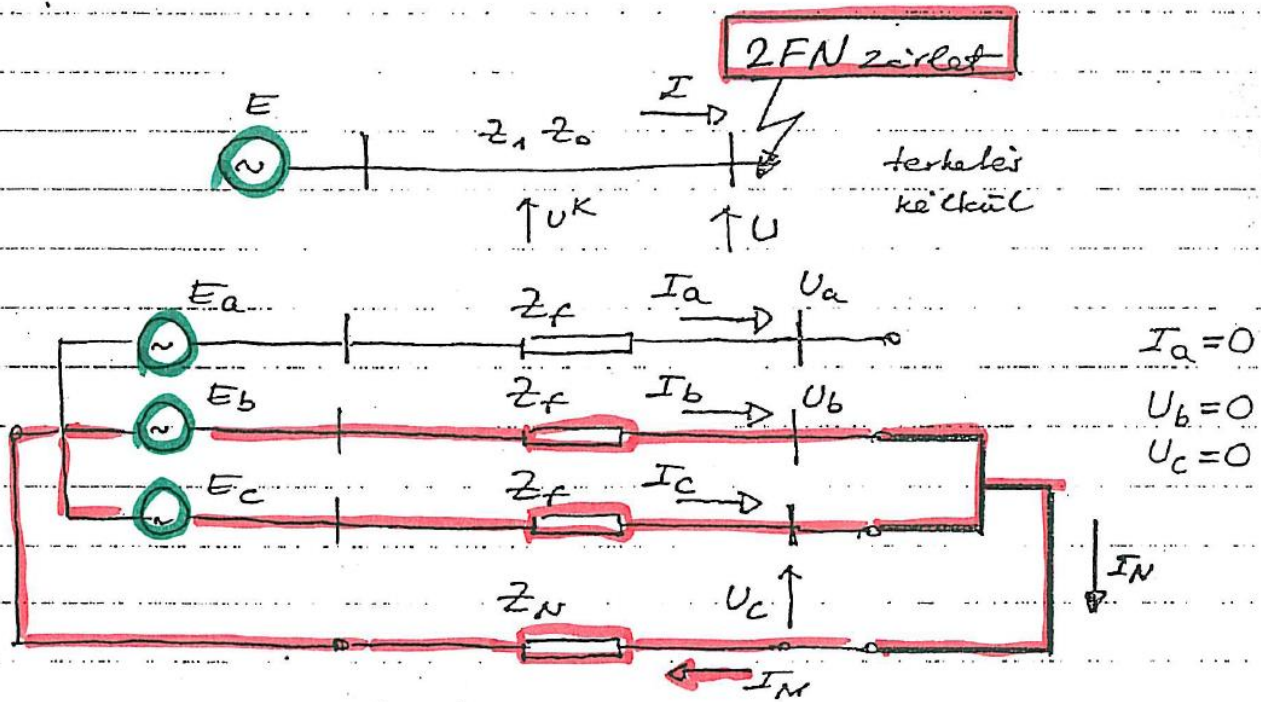
$$U_2 = U_1, \quad U_0 = 0$$

$$I_0 = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) = 0$$

$$I_1 = \frac{1}{3} (I_a + a I_b + a^2 I_c) = \frac{1}{3} (a - a^2) I_b = \frac{1}{3} (1 + j\sqrt{3}) I_b = \frac{E_1}{2z_1}$$

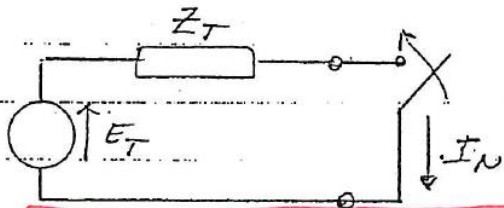
$$I_2 = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) = \frac{1}{3} (a^2 - a) I_b = \frac{1}{3} (-1 + j\sqrt{3}) I_b = -\frac{E_1}{2z_1}$$

Zárlelték (rámítás) effektív modellje



$$R \ll X; Z = jX$$

FN Származtatása 2F k-ból, szuperpozícióval, Thévenin modellből



$$E_T = U_b^{(2F)} = -\frac{E_a}{2} (= -\frac{E_1}{2})$$

$$Z_T = \frac{z_f}{2} + z_N = \frac{z_1}{2} + \frac{z_0 - z_1}{3} = \frac{z_1 + 2z_0}{6}$$

$$I_N = E_T / Z_T = -\frac{E}{\frac{z_1 + 2z_0}{3}}$$

$$I_N = I_a + I_b + I_c = 3I_0$$

$$I_0 = -E_1 / (z_1 + 2z_0)$$

$$I_b = I_b^{(2F)} + I_N / 2$$

$$I_c = I_c^{(2F)} + I_N / 2$$

$$I_b = -j \left[\frac{\sqrt{3} E_1}{2 z_1} - j \frac{E_1}{(2 z_1 + 4 z_0) / 3} \right]$$

$$I_c = +j \left[\frac{\sqrt{3} E_1}{2 z_1} + j \frac{E_1}{(2 z_1 + 4 z_0) / 3} \right]$$

$$U_a = U_a^{(2F)} + Z_N I_N = E_a + Z_k 3I_0$$

$$I_{2FN} > I_{2F}$$

$$I_0 + I_1 + I_2 = 0$$

$$U_0 = U_1 = U_2$$

15.2 Háromfázisú szabadvezeték végponti 3F és 1FN rövidzárata négyvezetős modell alapján

Az elvi rendszer: ideális, földelt csillagpontú Eabc forrás + távvezeték, átlagos Z_{0n} és Z_k impedancia.

Az adatok: $E_a = 120 / 1.73$ kV (fázis) $Z_{0n} = j 0.6$ ohm/km $Z_k = j 0.2$ ohm/km hossz: $H = 30$ km

Ábra, elemek meghatározása:

a) $\square$ négyvezetős modell és számított modell-értékek

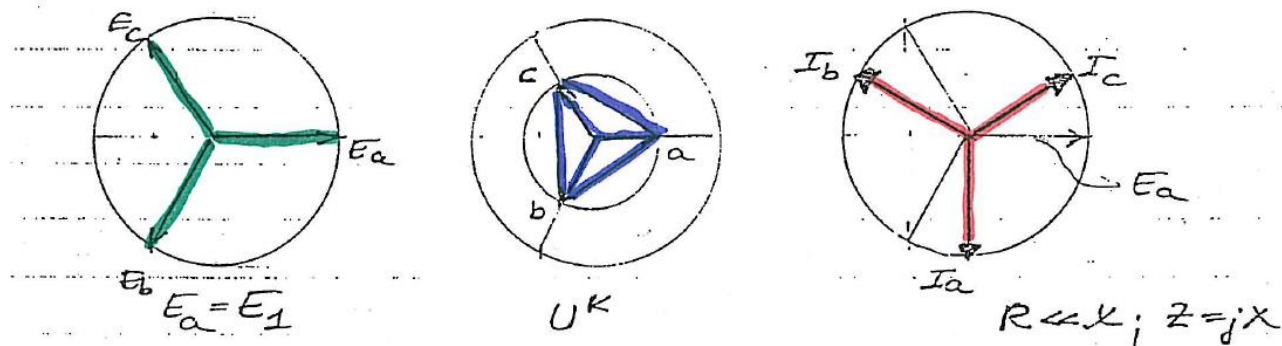
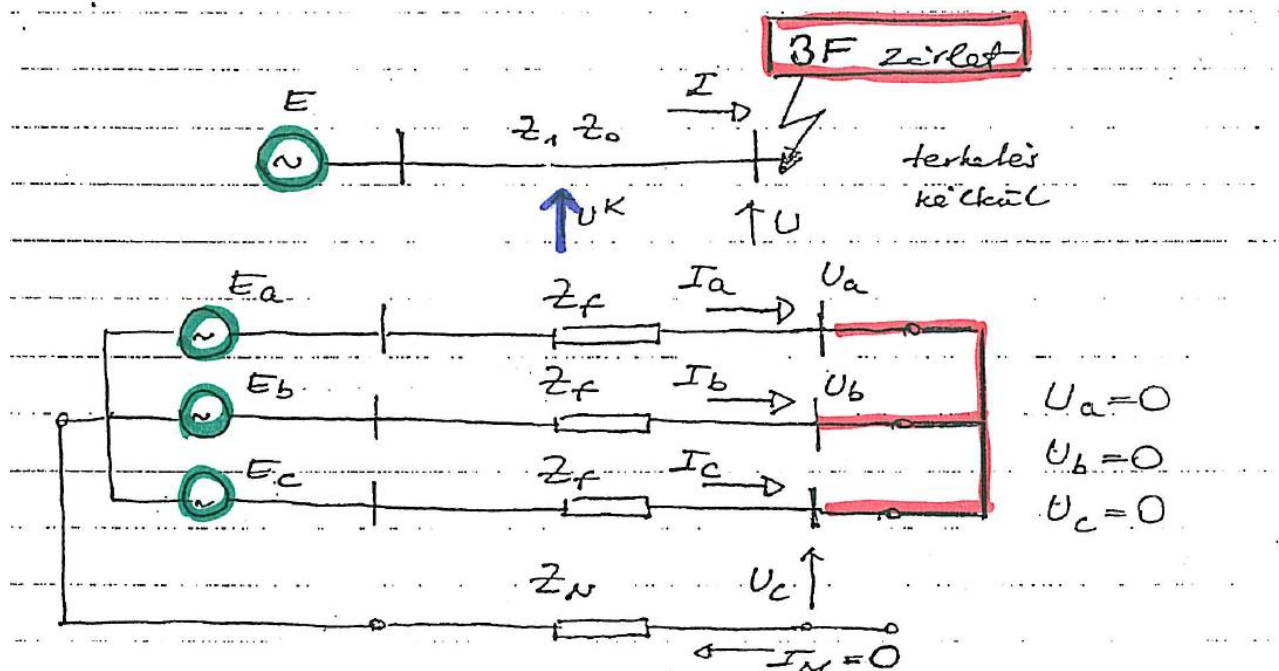
b) $\square$ Uabc - labc fázorábra, minőségileg helyesen a 3F és az 1FN zárlathoz: $\square$ végpont (a zárlat helye) $\square$ táppont

A 3F és az 1FN zárlati áram meghatározása számítással:

c) $\square$ 3F I (abc) fázisáramok, I (o12) szimm. az I (abc) alapján

d) $\square$ 1FN I (abc) fázisáramok, I (o12) szimm. az I (abc) alapján

Zárlatok (szimmetria) négyvezetős modellen



$$|I_a| = |I_b| = |I_c|$$

$$I_a = \frac{E_a}{z_f} = \frac{E_a}{z_1}$$

$$I_{3F} = |I_a| = \left| \frac{E_a}{z_1} \right|$$

$$I_a = I_1$$

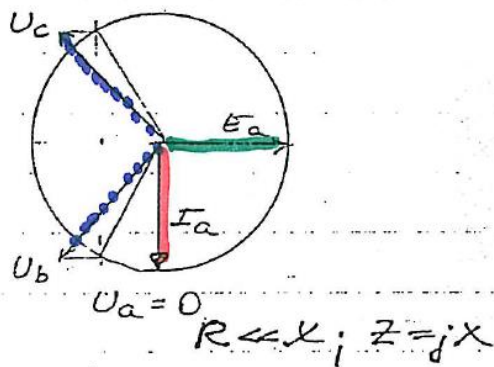
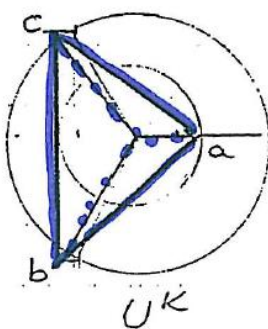
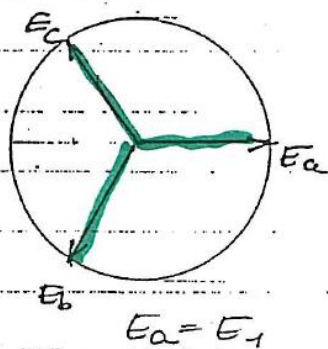
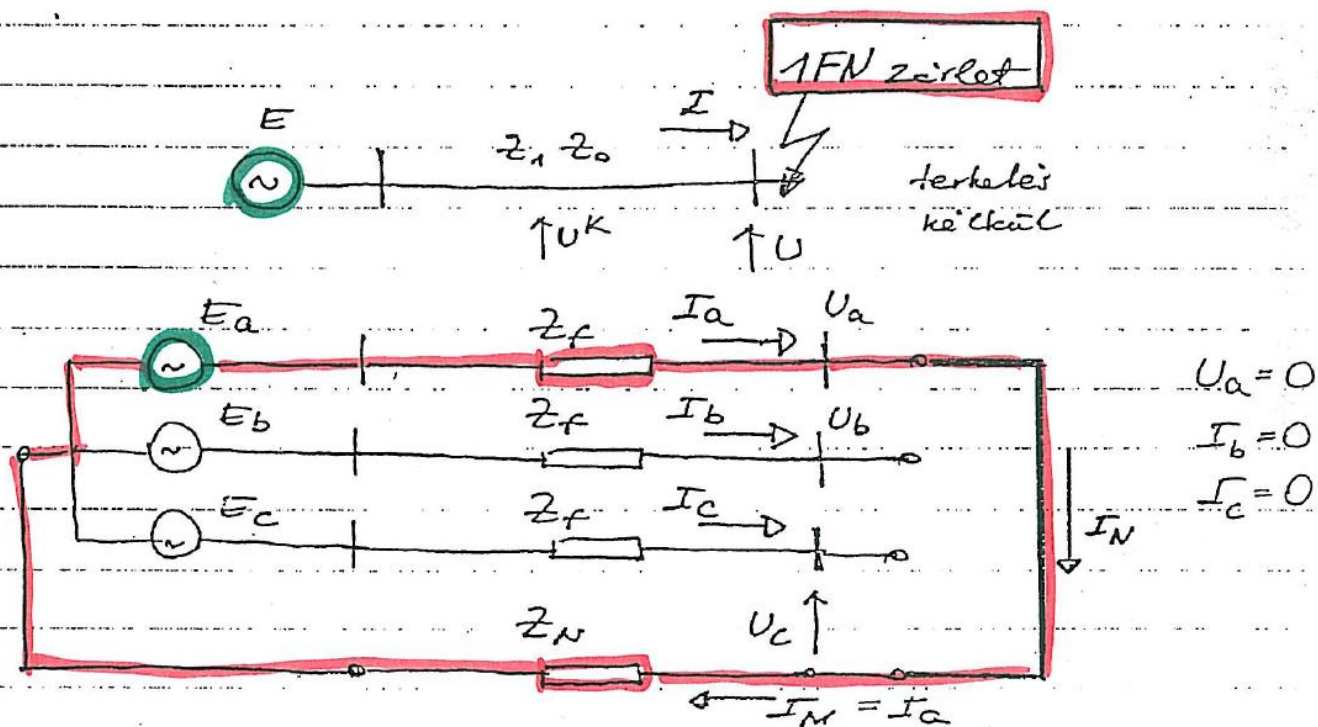
$$I_b = a^2 I_1$$

$$I_c = a I_1$$

$$I_2 = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) = 0$$

$$I_0 = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) = 0$$

Zárleltok (rámított) hálózatos modellje



$$I_N = I_a = \frac{E_a}{z_f + z_N} = \frac{E_a}{\frac{2z_1 + z_0}{3}} = \frac{E_1}{\frac{2z_1 + z_0}{3}}$$

$$U_b = E_b + z_N I_N = E_b + z_N I_a$$

$$U_c = E_c + z_N I_N = E_c + z_N I_a$$

$$I_{FN} = |I_a| = 3 \cdot \frac{E_1}{2z_1 + z_0}$$

$$I_0 = I_1 = I_2$$

$$U_0 + U_1 + U_2 = 0$$

z_{fN} Fázisfázis-földvisszavezető kör: $z_f + z_N = (2z_1 + z_0)/3$

z_{ff} Fázisfázis-fázisvisszavezető kör: $2z_f = 2z_1$

$$z_{fN} < z_{ff}$$

ha $z_0 < 4z_1$ és ez általában minden egyfázisú hálózatra igaz

$I_{FN} > I_{3F}$ ha $z_0 < z_1$ (ez egyfázisú hálózatra nem igaz)

15.3 A védővezető hatása a zérus sorrendű mágneses távolba hatásra

Elvi ábra és jelölések:

a) $\square$ fázisvezető áramok 3Io komponense, védővezető (Iv) és föld (IF) áram-visszavezetés

Levezetés, értelmezés:

b) $\square$ a földben folyó IF komponens kifejezése az átlagos Zvf (védő-fázis kölcsönös) és

Zvv (védő-földhurok) impedanciával

c) $\square$ a mágneses távolba hatás (Ui) kifejezése az IF földáram alapján.

A védővezető leképezése a zérus sorrendű modellben

Legyen formális jelölésekkel:

$$3Z_{fv} = Z_{fvo}; \quad I_v/3 = I_{vo}$$

$$\text{így} \quad Z_{fv} I_v = Z_{fvo} \cdot I_{vo}$$

továbbá

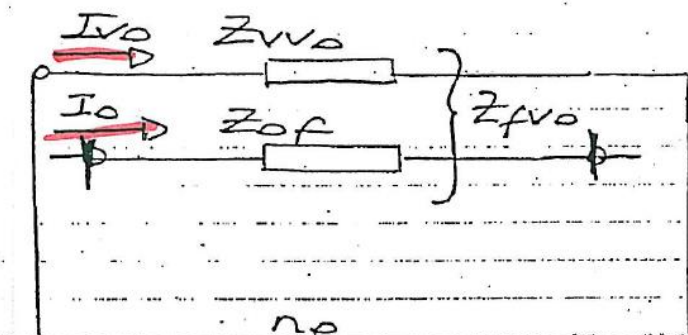
$$3Z_{vv} = Z_{vvo}; \quad Z_{of} = Z_{of} + 2Z_{kf}$$

így írhatjuk:

$$U_o = Z_{of} I_o + Z_{fvo} I_{vo}$$

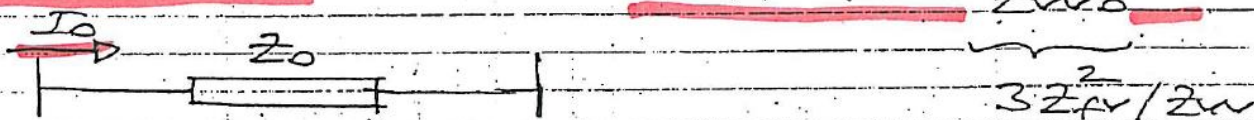
$$U_v = Z_{fvo} I_o + Z_{vvo} I_{vo} = 0$$

Ennek leképezése a zérus sorrendű áramkörben:



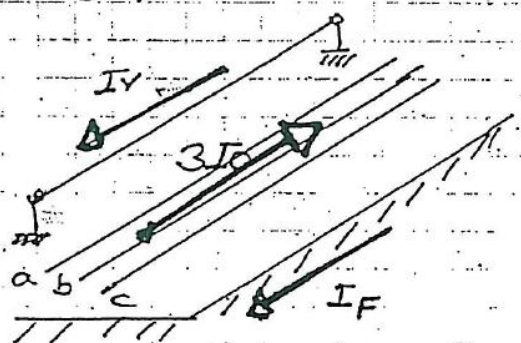
Az I_{vo} kiküszöbölésével ($U_v = 0$ egyenletből)

$$U_o = Z_o I_o \quad \text{ahol} \quad Z_o = Z_{of} - \frac{Z_{fvo}^2}{Z_{vvo}}$$



Arammegorlási védővezető ei a föld között

Legyen az orsóföldelések ellenállása elhanyagolható,
($R \rightarrow 0$)



$$3I_0 = I_a + I_b + I_c$$

a metróra írhatjuk

$$3I_0 = I_V + I_F$$

(az ábra szerinti irányokra)

$$I_V = \frac{Z_{fV}}{Z_{VV}} \cdot 3I_0$$

$$I_F = \left(1 - \frac{Z_{fV}}{Z_{VV}}\right) 3I_0$$

Mágneses indukáló hatás külső vezetékekre

$$U_i = Z_{fi} 3I_0 - Z_{vi} I_V$$

Ha $Z_{fi} \approx Z_{vi}$ akkor

$$U_i = Z_{fi} (3I_0 - I_V) = Z_{fi} I_F$$

Mondhatjuk tehát, hogy a mágneses távolbaktatás a földben folyó (visszatérő) áramértékekkel arányos.

A vezetéki (konduktív) távolbaktatást a földben folyó áram okozza.

16. Hálózati csillagpontföldelés

16.1 A csillagpontföldelés (alapharmonikus) hatása fázis-föld zárlatkor

Ábra :

a) ☐ Elvi háromfázisú rendszer ☐ a földelt és ☐ a földetlen csillagpontú rendszerhez : táplálás, transzformátor, vezeték a jellemző soros, illetve sönstelemmel.

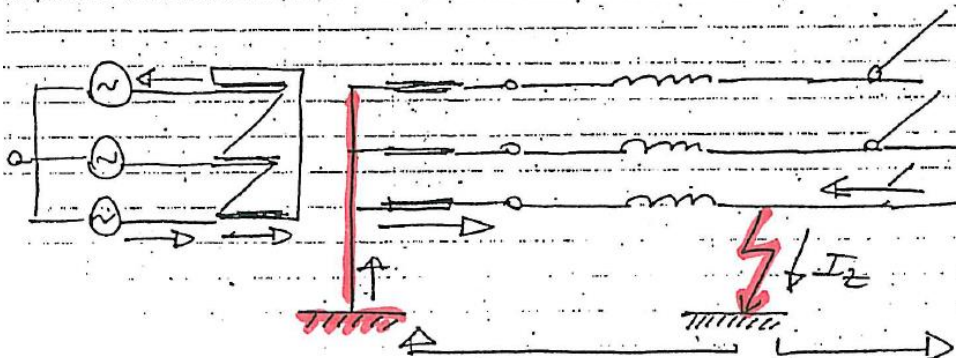
Magyarázó elemzés a földelt, illetve nem földelt rendszer fázis-föld zárlata esetére:

b) ☐ a lényeges $U_{fázis}$ – $I_{fázis}$, U_0 , I_0 fázorábrák,

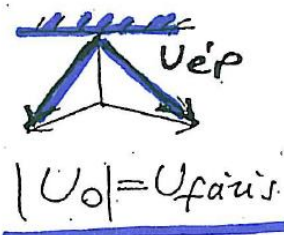
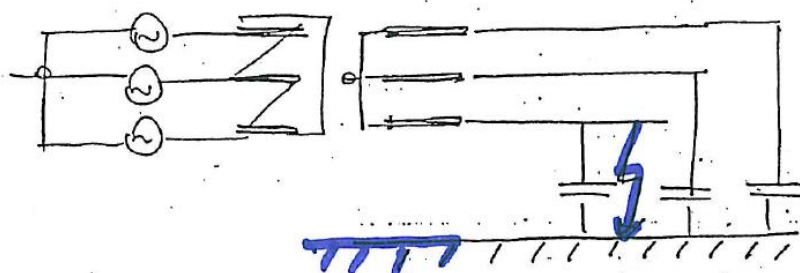
c) ☐ a jellegzetességek, különbségek elemzése (a zárlati hely és attól távol)

a földelt, illetve nem földelt rendszer fázis-föld zárlata esetén

A csillagpontföldelés hatása fázis-föld zárlatnál



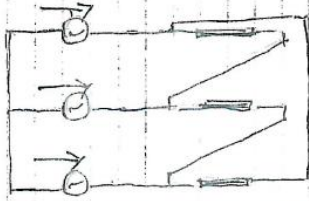
- $I_z \gg I_{terhelés}$; rövidzárlat
- $U_{ép.} \approx U_{névleges}$ (fázis)
- jelentős I_0
- A zárlati helytől távolodva
 - U_0 csökken
 - a zárlatos fázis feszültsége növekszik (egyes távol $U_z \approx U_{névleges}$)



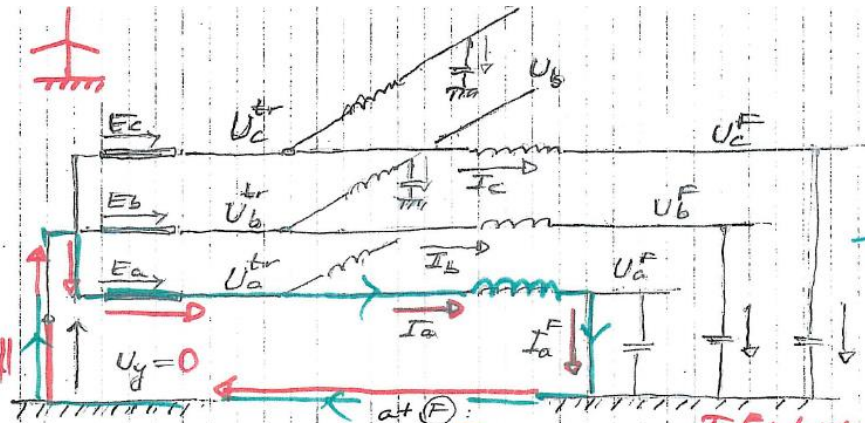
$$|U_0| = U_{fázis}$$

- A földzárlati áram kapacitív áram, nis áramnövekedés a terheléskor kepezt
- $U_{ép} = \sqrt{3} U_{névleges}$ (fázis)
- I_0 nem jelentős
- a zárlati helytől távolodva
 - U_0 mindenütt azonos : ($U_0 = U_{fázis}$)
 - a zárlatos fázis feszültsége mindenütt zérus

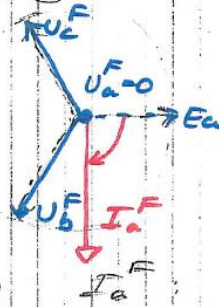
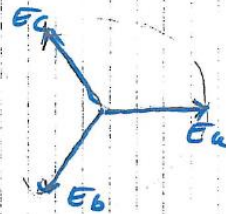
①



Directly (solidly) grounded



$\rightarrow$: I_{circuit}



I_a^F : highly inductive

$I_a^F \gg I_{\text{load}}$

I_0 : noticeable

U_b, U_c : $\approx$ normal

U_a^{tr} : $\approx$ normal

U_0 at tr : ≈ 0

Faulted phase : a $U_a^F = 0$

$$U_a^{tr} = U_y + E_a - \Delta U_a^{tr} \approx E_a$$

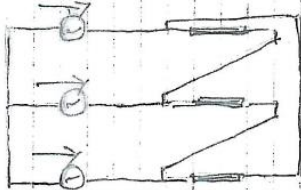
$$U_b^{tr} = U_y + E_b - \Delta U_b^{tr} \approx E_b$$

$$U_c^{tr} = U_y + E_c - \Delta U_c^{tr} \approx E_c$$

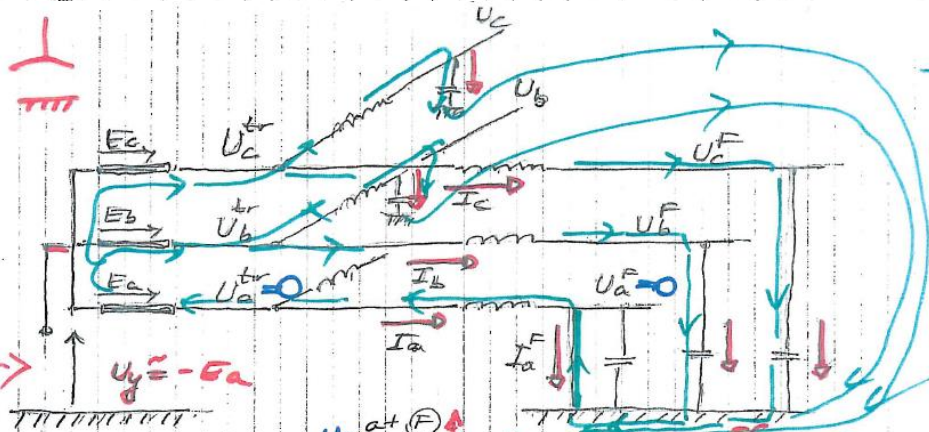
$$U_a^F = U_a^{tr} - \Delta U_{\text{line}} = 0$$

$$U_b^F = U_b^{tr} - \Delta U_{\text{line}} \approx E_b$$

$$U_c^F = U_c^{tr} - \Delta U_{\text{line}} \approx E_c$$

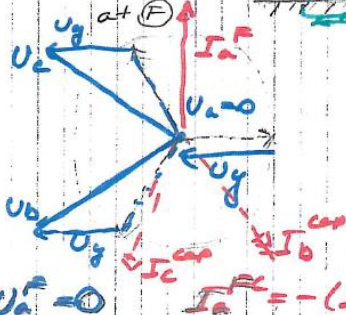
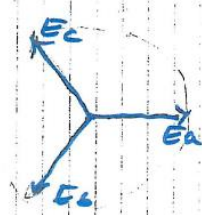


Ungrounded



$\rightarrow$: $I_{\text{cap circuits}}$

②



I_a^F : highly capacitive

$I_a^F \approx I_{\text{load}}$

I_0 : negligible

U_b, U_c : $\sqrt{3} U_{\text{phase}}$

U_0 everywhere : $-E_a$

Faulted phase : a $U_a^F = 0$

$$U_a^{tr} = U_y + E_a - \Delta U_a^{tr} = 0$$

$$|U_b^{tr}| = |U_y + E_b - \Delta U_b^{tr}| = \sqrt{3} E_a$$

$$|U_c^{tr}| = |U_y + E_c - \Delta U_c^{tr}| = \sqrt{3} E_a$$

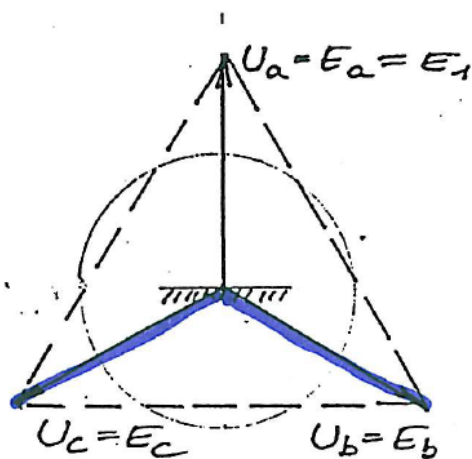
$$U_a^F = U_a^{tr} - \Delta U_{\text{line}} = 0$$

$$|U_b^F| = |U_b^{tr} - \Delta U_{\text{line}}| = \sqrt{3} E_a$$

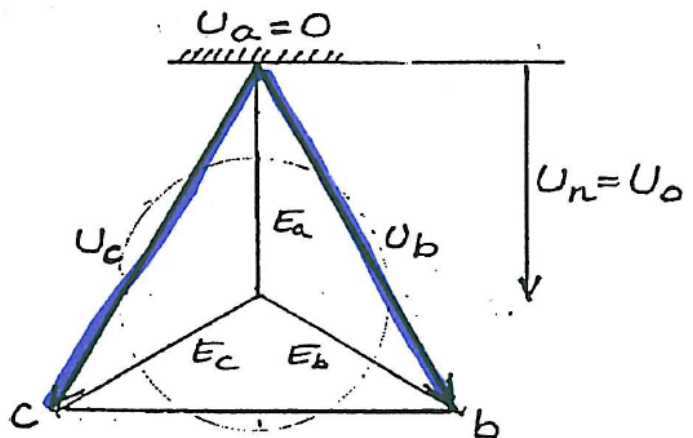
$$|U_c^F| = |U_c^{tr} - \Delta U_{\text{line}}| = \sqrt{3} E_a$$

! no problem with $U_{\text{line-to-line}}$
 $U_a = 0$ on the entire system

Feszültség- és áramfázorok



ép állapot

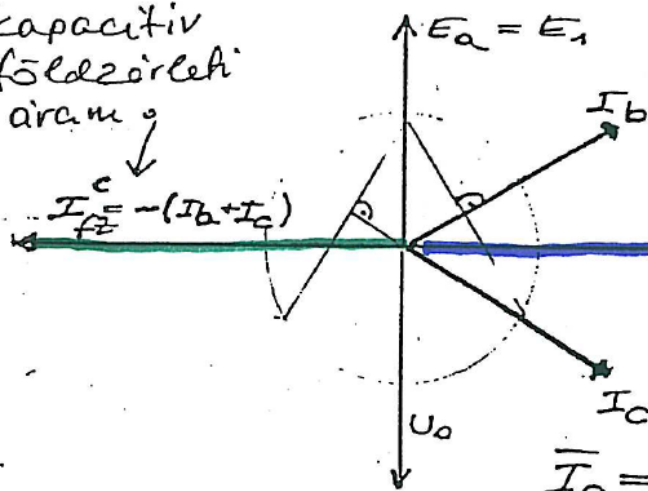


állandósult földzárlat
ép. vonali feszültségek

$$|U_b| = |U_c| = \sqrt{3} |E_a|$$

$$\bar{U}_0 = -\bar{E}_a$$

kapacitív
földzárlati
áram



az áram
áram

$$I_L = \frac{E_a}{j\omega L}$$

($X^P \gg X_{tr}$)

$$\bar{I}_a = \bar{I}_L + \bar{I}_{fz}^c \approx 0$$

! Megjegyzés: C_{ab}, C_{bc}, C_{ca} nélkül

$$\bar{I}_b = j\omega_n C_0 \bar{U}_b ; \bar{I}_c = j\omega_n C_0 \bar{U}_c ; \omega_n = 2\pi f_n$$

$$f_n = 50 \text{ Hz}$$

$$|\bar{I}_b| = |\bar{I}_c| = \omega C_0 \cdot \sqrt{3} |E_a|$$

$$|\bar{I}_b + \bar{I}_c| = |\bar{I}_{fz}^c| = \omega_n 3 C_0 |E_a|$$

$$|\bar{I}_L| = |E_a| / \omega_n L$$

$$\text{Ha } |\bar{I}_{fz}^c| \approx |\bar{I}_L| \text{ akkor } \omega_n 3 C_0 \approx \frac{1}{\omega_n L}$$

16.2 Az ívöltő tekercssel földelt (kompenzált) hálózat

Elvi hálózati ábra, ismertetés, értelmezés:

- a) ☐ a jellemző U_{abc} és I_{abc} fázorábra az a fázis egyfázisú földzárlatakor
- b) ☐ az ívöltő tekercs kettős (alapharmonikus) hatása: a földzárlat alatti, ill. az ív kialakása utáni hatás,
- c) ☐ az alapharmonikus $U_a(t)$ és $U_o(t)$ időfüggvény alakulásának ábrázolása, értelmezése
- d) ☐ zérus sorrendű áramkör alapján a rezonancia frekvencia kifejezése
- e) ☐ a kompenzátsági fok értelmezése, a túlkompenzálsz szükségességének oka

A kompenzátsági fok:

$$k = \frac{|I_L|}{|I_{fz}^c|} = \frac{1}{\omega_n^2 3LC_0} = \frac{\omega_0^2}{\omega_n^2}$$

$$f_0 = 50 \cdot \sqrt{k} \quad \text{ha } k=1,1 \text{ akkor } f_0 \approx 52,5 \text{ Hz}$$

Túlkompenzáls működés az $f_0 \approx 50 \text{ Hz}$

rezonanciavereg elkerülésehez, mert
állandó L esetén vezeték kapacitásokor

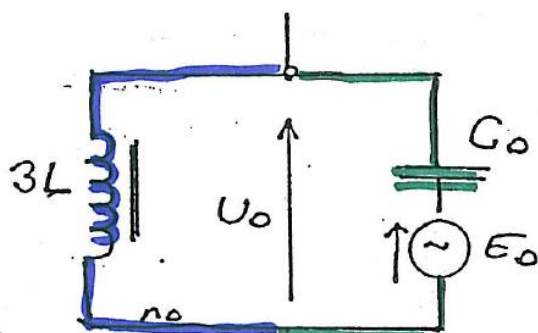
→ C_0 csökken, ezért f_0 nő. Ha $f_0 < f_n$
lenne akkor $f_0 \approx f_n$ előállhat.

Kapacitív aszimmetria ei rezonanciavereg:

(Ép, földzárlat nélküli állapotban)

A zérus sorrendű áramköri modell:

(az R ellenállások ei X_0^{tr} elhagyva)



A földkapacitások
különbözőire esetén
csillagponteltörődés:

$$|E_0| = |E_1| \cdot \frac{C_{aF} + \alpha^2 C_{bF} + \alpha C_{cF}}{C_{aF} + C_{bF} + C_{cF}}$$

$$[C_0 = \frac{1}{3} (C_{aF} + C_{bF} + C_{cF})]$$

$$|U_0| = |E_0| \cdot \left| \frac{j\omega_n 3L}{j\omega_n 3L - \frac{1}{j\omega_n C_0}} \right| = |E_0| \frac{\omega_n^2 3LC_0}{\omega_n^2 3LC_0 - 1}$$

végtel:

$$U_0 = E_0 \frac{1}{1-k} \quad k \rightarrow 1, \quad U_0 \rightarrow \infty$$

A zárlatos fázis feszültségeket ($u_a(t)$) és a zérus sorrendű feszültségeket ($u_0(t)$) az alábbiak földzárlatkor és annak megszűnése után:

Alapharmonikus időfüggvények
(földzárlat a "a" fázis föld lócs#)

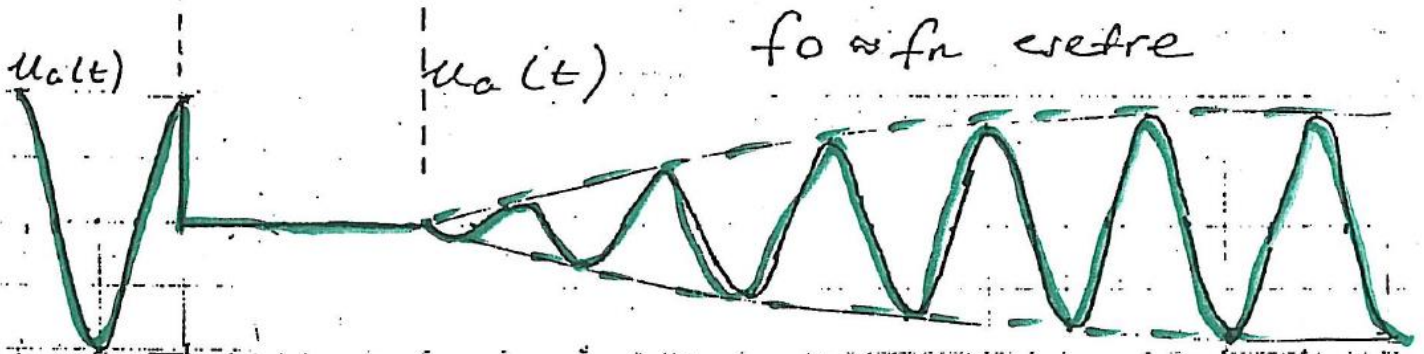
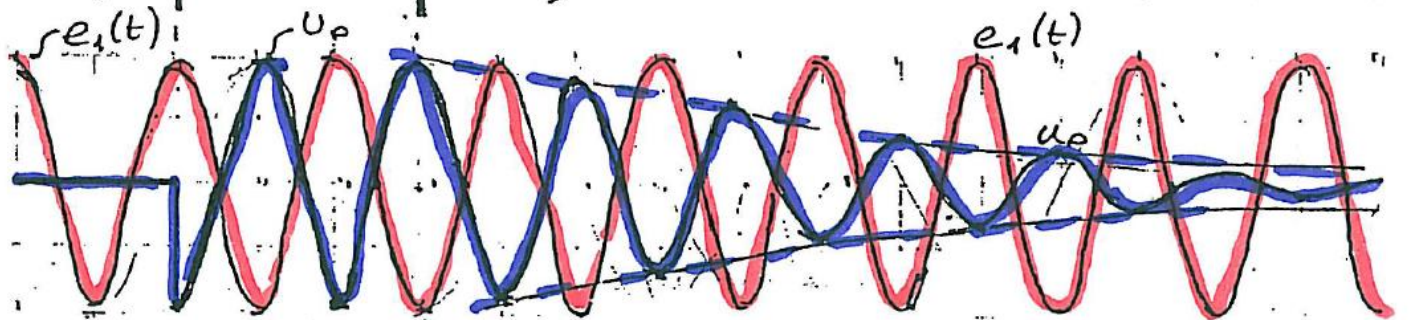
$$u_a(t) = u_1(t) + u_0(t) \quad u_2(t) \equiv 0$$

$$\text{de } u_1(t) = e_1(t) = e_a(t)$$

így:

$$u_a(t) = \underline{e_a(t)} + \underline{u_0(t)}$$

↑ zárlat a zárlati ív kialakult



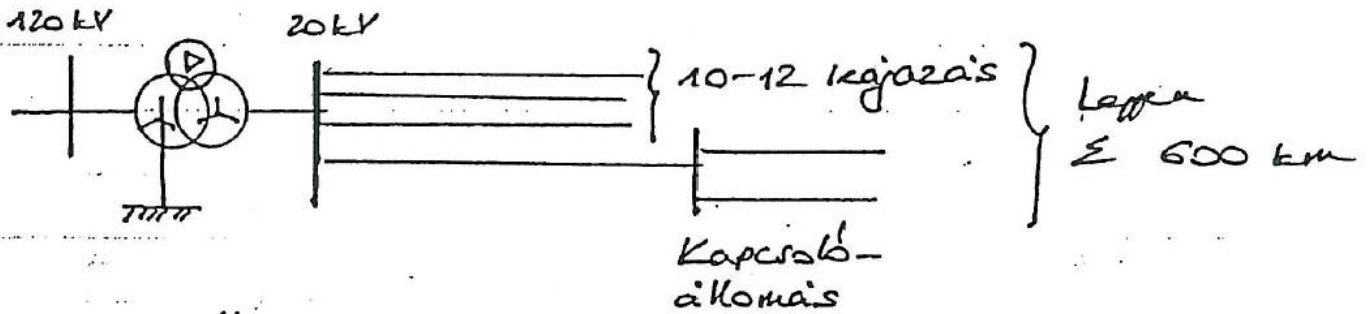
$f_0 \approx f_n$ esetén

↑ zárlat a zárlati ív kialakult

Az ívortó (kompenzáló) tekercs latható hatása:

- ➔ 1. Minimalizálja a földzárlati (ív) áramot
- az ív nagy indukciós térerővel kialakul
- ➔ 2. Fekszik a zárlatos fázis feszültségeinek felépítését
- csökken a villámgújtás esélye

Az ivartó tekercs elhelyezése, névleges árama



példa:

$C_0 = 4.4 \text{ nF/km}$ ($C_1 = 10.1 \text{ nF/km}$)
100 km-es jelvarkurva érintkezőtől hálózatra:

$$I_{fz}^C \approx \omega_n 3 C_0 U_{nf} \sin \alpha \cdot 100$$

$$\omega_n = 2\pi \cdot 50$$

$$U_{nf} = 20/\sqrt{3} \text{ kV}$$

$$I_{fz}^C \approx 4.8 \text{ A / 100 km}$$

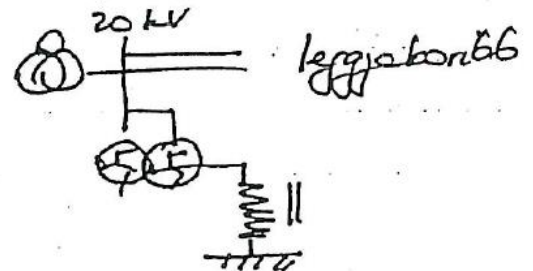
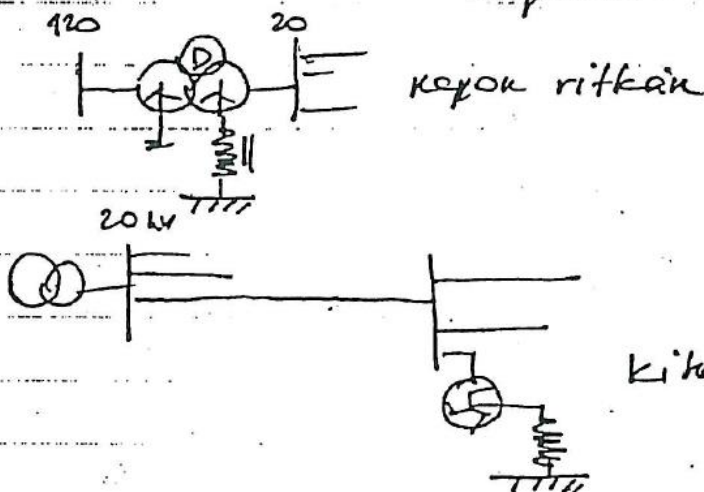
600 km-es hálózatra a kapacitív földelőreli áram:

$$I_{fz}^C = 28.8 \text{ A}$$

$R = 1.1 - 1.2$ túlkompensációhoz $I_L = 40 \text{ A}$ -es
névleges áramerősségű ivartó már megfelelő

Elhelyezés

lehet: - koncentráltan (ez az átfutás)
- megosztva (több helyen)



kihelyezve

16.3 Csillagpontföldelések gyakorlata az MK VER-ben

Elvi hálózati ábra, ismertetés, értelmezés:

□ az MK VER hálózati földelési ('csillagpont kezelési') gyakorlata

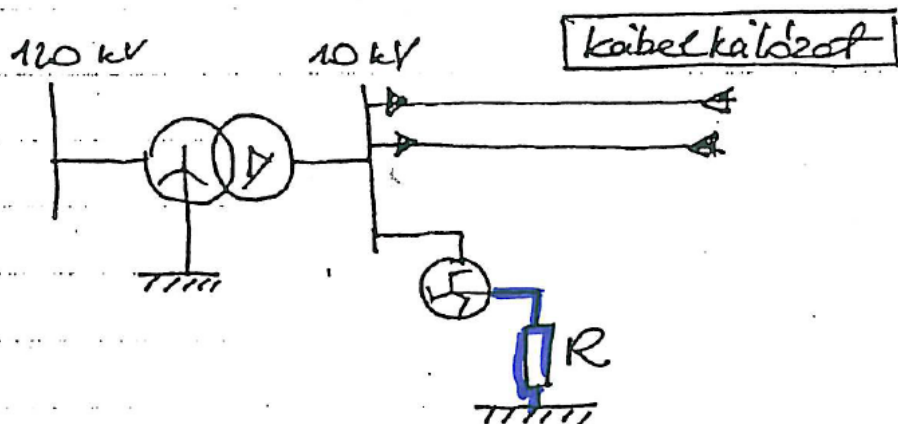
□ az alábbiak szerint osztályozva:

a feszültség szintek (400, 120, 20, 10 és 0.4 kV),

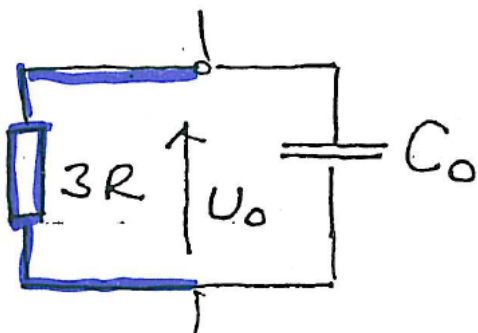
a hálózati távvezetékek (szabadvezeték, kábel),

□ áttekinthető összefüggő (400, 120, 20, 10 és 0.4 kV) hálózati ábrán a szokásos rajzadási módon megadva, a transzformátorok, csillagpont-képzők (Y,D,Z) tekercselésének egyértelmű felismerhetőségével

Földelési ellenállások



zérus sorrendű áramkör (egyszerűsítve)



C_0 : párhuzamos
eredső $[\varepsilon C_0]$

A földzeirelt ideje alatt
 $|U_0| \approx U_{nf \cdot 0}$

— idefő kettős kúcs

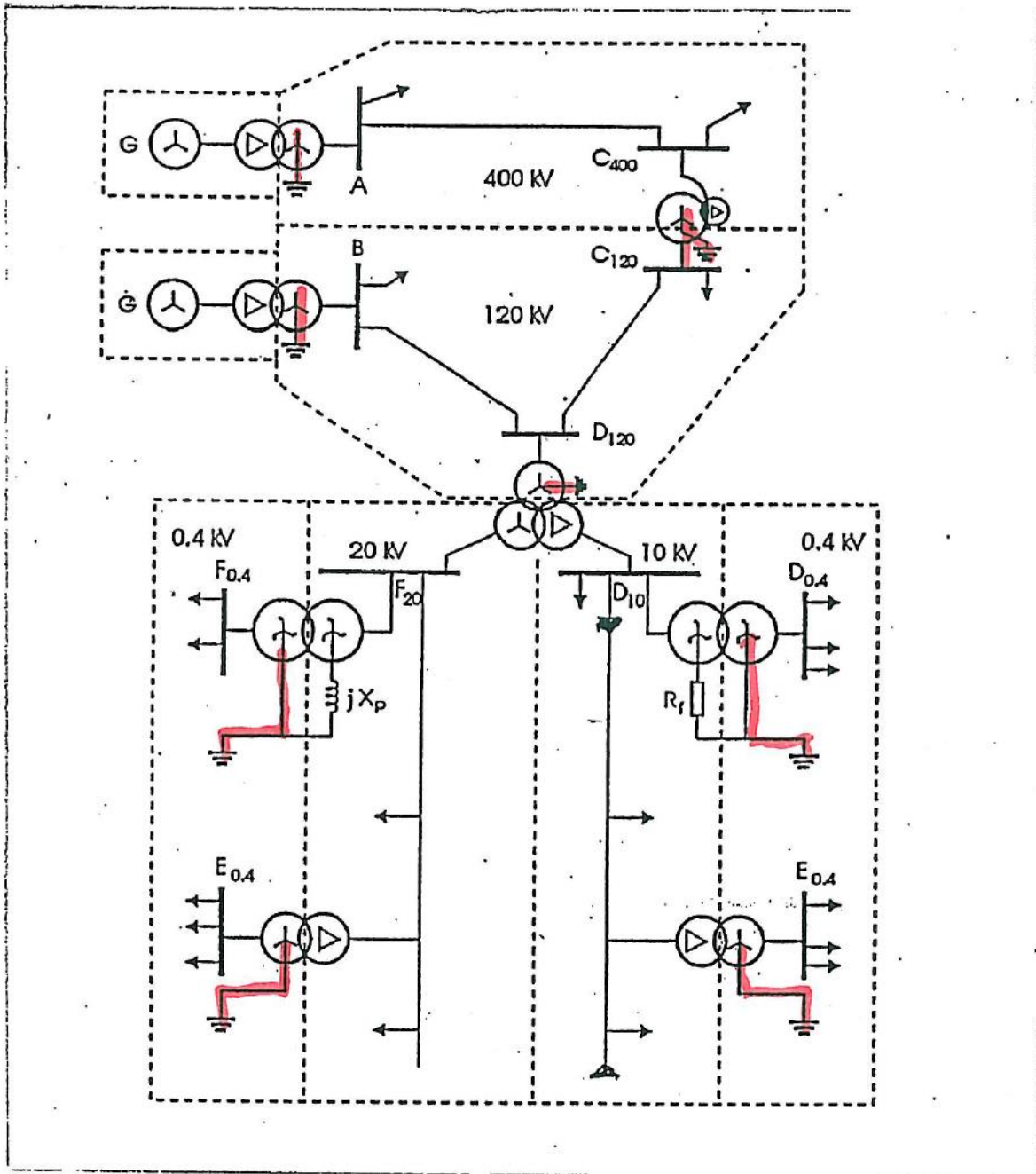
- kábelkábelzeton nem várható a múlt jelgű földzeirelt
- hálózati (idefőnél) nagy tartományt igényelne

— $U_0(t)$ mérés a zeireltor lejárás
3 fázisú kikapcsolása után:

$$T_0 = \frac{1}{3RC_0^m}$$

C_0^m : az ép lejárásból

$$U_0(t) = U_{nf \cdot 0} \cdot e^{-t/T_0} \quad (\text{lejárás nélkül})$$



Az MK VER kábel-földelési gyakorlatának
összefoglaló rajma

Erőművi generátor : földelőtlen csillagpont

400, 120 kV : közvetlenül földelt (katasztrófa földelt)

20 kV szabadvez : izolált tekercsen földelt (kompenzált)

10 kV kábel : ellenkatasztrófa földelt ("korru földelés")

0.4 kV (4 vez.) : közvetlenül földelt, 1566 helyen
földelt nulla-vezető

17. „Feszültségletörés, fáziskimaradás” 120 kV - KF - 0.4 kV-os sugaras hálózaton.

17.1 1FN rövidzárlat Yd kapcsolású 120 kV / KF tr. 120 kV-os kivezetésén

Az elvi rendszer: 120 kV-os forrás - szabadvezeték - földelt Yd kapcsolású, 120/KF transzformátor - KF vezeték

- Dy (földelt) KF / / 0.4 kV-os terheletlen transzformátor.

A 120/KF tr. 120 kV-os kivezetésén 1FN rövidzárlat. A hibahelyre : $X_1 = X_2 = X_0$ -eredő.

Ábra jelölésekkel :

a) egyvonalas séma a megadott rendszerhez

Ábra jelölésekkel :

b) szimm. összetevő modellek, az egyfázisú zárlat leképezésével

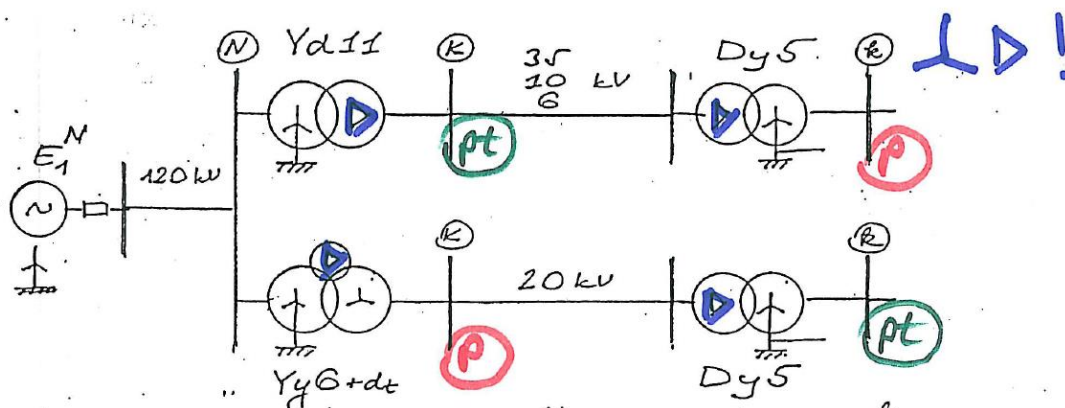
Magyarázó ismertetés és értelmezés :

c) a 0.4 kV-os oldali fázis és vonali feszültségek meghatározásának elvi menete.

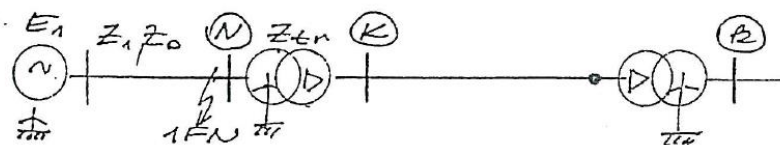
d) a 0.4 kV-os oldali fázis és vonali feszültségek fázorábrája (v.e-ben vagy %-ban)

Elemzés : az eredmények értékelése

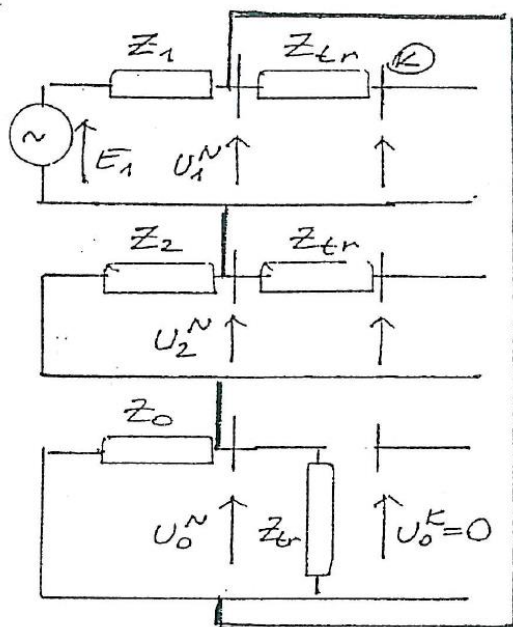
120 - KF - 0.4 kV hálózati struktúra és transzformátorok



Egyfázisú földrövidzárlat 120 kV-os szabadvezetéken



Legyen a
páros (p) "óra": 0
páratlan (pt) "óra": 9



Legyen $Z = jX$ ($R \approx 0$)

Továbbá legyen

$$X_1 = X_2 = X_0 \parallel X_{tr}$$

lgg:

$$U_1^N = E_1 - E_1/3 = \frac{2}{3} E_1$$

$$U_2^N = -E_1/3$$

$$U_0^N = -E_1/3$$

$$U_a^N = 0$$

$$U_b^N = a^2 E_1; U_c^N = a E_1$$

$$U_0^P = 0; U_0^{Pt} = 0$$

páros "óra" : $U_1^P = U_1^N = E_1 - E_1/3$ $U_2^P = U_2^N = -E_1/3$

páratlan : $U_1^{Pt} = j U_1^N = j E_1 - j E_1/3$ $U_2^{Pt} = -j U_2^N = j E_1/3$

páros "óra"

$$U_a^P = U_1^P + U_2^P = E_1/3$$

$$U_b^P = a^2 U_1^P + a U_2^P = a^2 E_1 + E_1/3$$

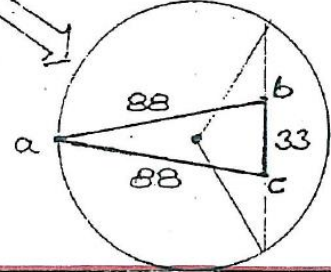
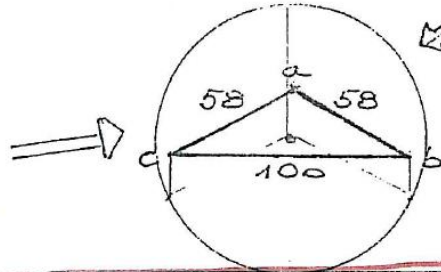
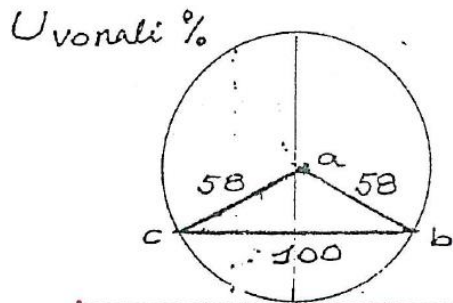
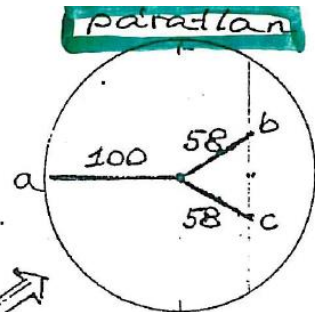
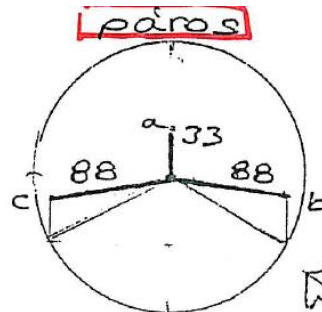
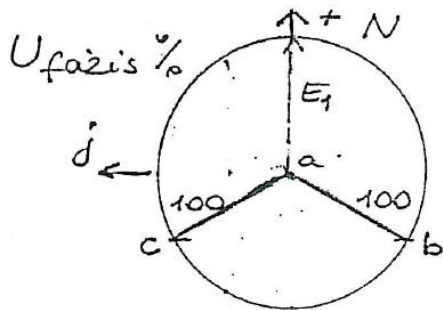
$$U_c^P = a U_1^P + a^2 U_2^P = a E_1 + E_1/3$$

páratlan óra:

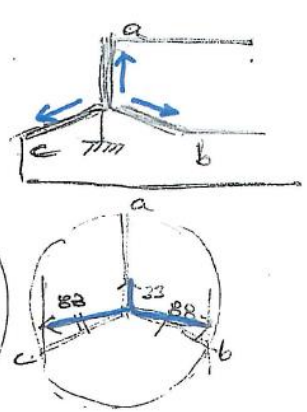
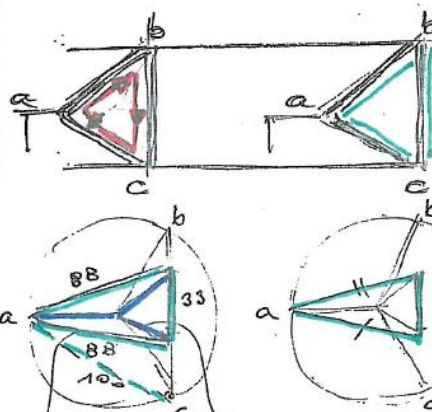
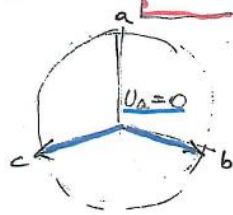
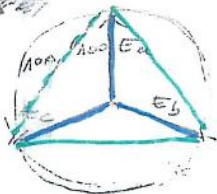
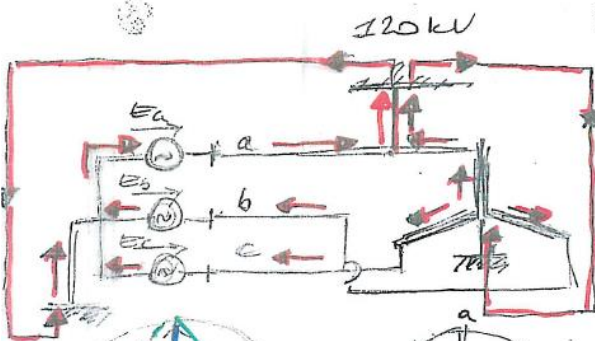
$$U_a^{Pt} = U_1^{Pt} + U_2^{Pt} = j E_1$$

$$U_b^{Pt} = a^2 U_1^{Pt} + a U_2^{Pt} = a^2 j E_1 - \sqrt{3} E_1/3$$

$$U_c^{Pt} = a U_1^{Pt} + a^2 U_2^{Pt} = a j E_1 + \sqrt{3} E_1/3$$



1 FN $\frac{1}{2}$: 0,1–0,5 sec $U < \text{relé} : U_{be} \approx 70\%$; késleltetés kell!



$$E_a = E_1$$

$$E_b = 0$$

$$E_c = 0$$

$$U_1 = E_1 - \frac{1}{3} E_1$$

$$U_2 = -\frac{1}{3} E_1$$

$$U_0 = -\frac{1}{3} E_1$$

$$U_a = 0$$

$$U_b = a^2 E_1$$

$$U_c = a E_1$$

$V_{line-to-line}$

$$U_1 = j(E_1 - \frac{1}{3} E_1)$$

$$U_2 = -j(-\frac{1}{3} E_1)$$

$$U_0 = 0$$

$$U_a = j E_1$$

$$U_b = j a^2 E_1 - \frac{E_1}{3} \sqrt{3}$$

$$U_c = j a E_1 + \frac{E_1}{3} \sqrt{3}$$

$$U_1 = E_1 - \frac{1}{3} E_1$$

$$U_2 = -\frac{1}{3} E_1$$

$$U_0 = 0$$

$$U_a = E_1/3$$

$$U_b = a^2 E_1 + E_1/3$$

$$U_c = a E_1 + E_1/3$$

$$a = e^{j120^\circ}$$

$$a^2 = e^{-j120^\circ}$$

17.2 Egyfázisú kikapcsolás terheletlen, Yd kapcsolású 120 kV / KF transzformátor 120 kV-os oldalán

A rendszer: egy 120 kV-os, földelt csillagpontú, szimm. E(abc) forrás rövid vezetéken keresztül egy terheletlen, földelt Yd kapcsolású 120 kV / KF transzformátorhoz kapcsolódik. (Az áramkörben a transzformátor Z_m mágnesező impedanciája a domináns.) A transzformátor 120 kV-os (Y) oldalán egy fázis (a) kikapcsolódik.

Ábrák, jelölésekkel:

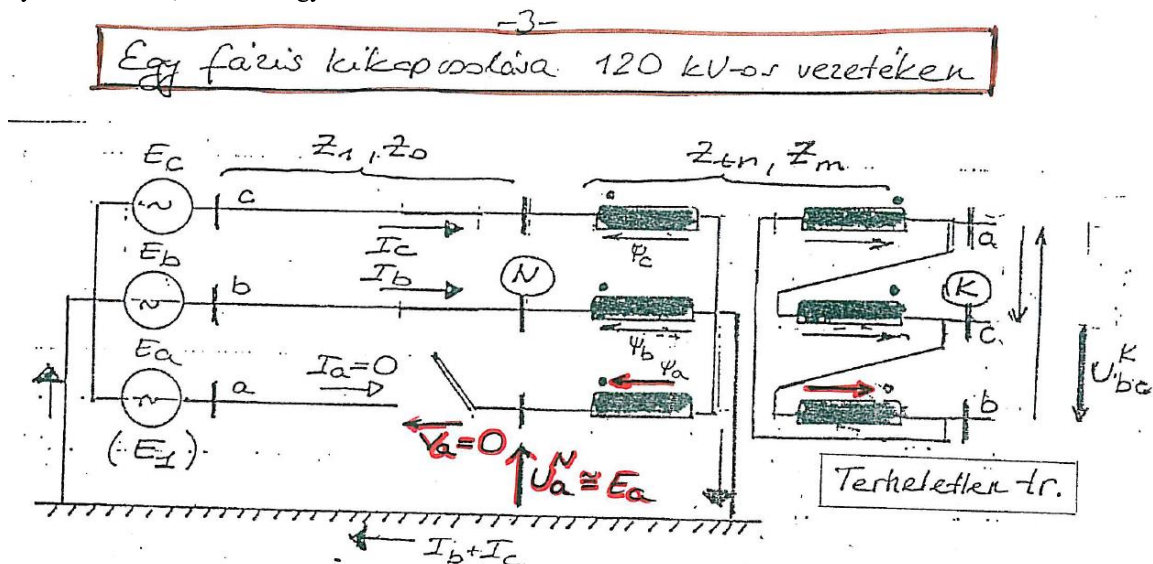
- a) ☐ háromfázisú áramköri kép
b) ☐ szimm. összetevő modellek, az egyfázisú kikapcsolás leképezésével

Magyarázó ismertetés és értelmezés:

- c) ☐ fázis és vonali feszültségek fázorábrája (v.e.-ben vagy %-ban) a transzformátor Y és d oldalán, fizikai megfontolásokkal indokolva, vagy a szimm. összetevő modellekre felírható összefüggésekből származtatva.

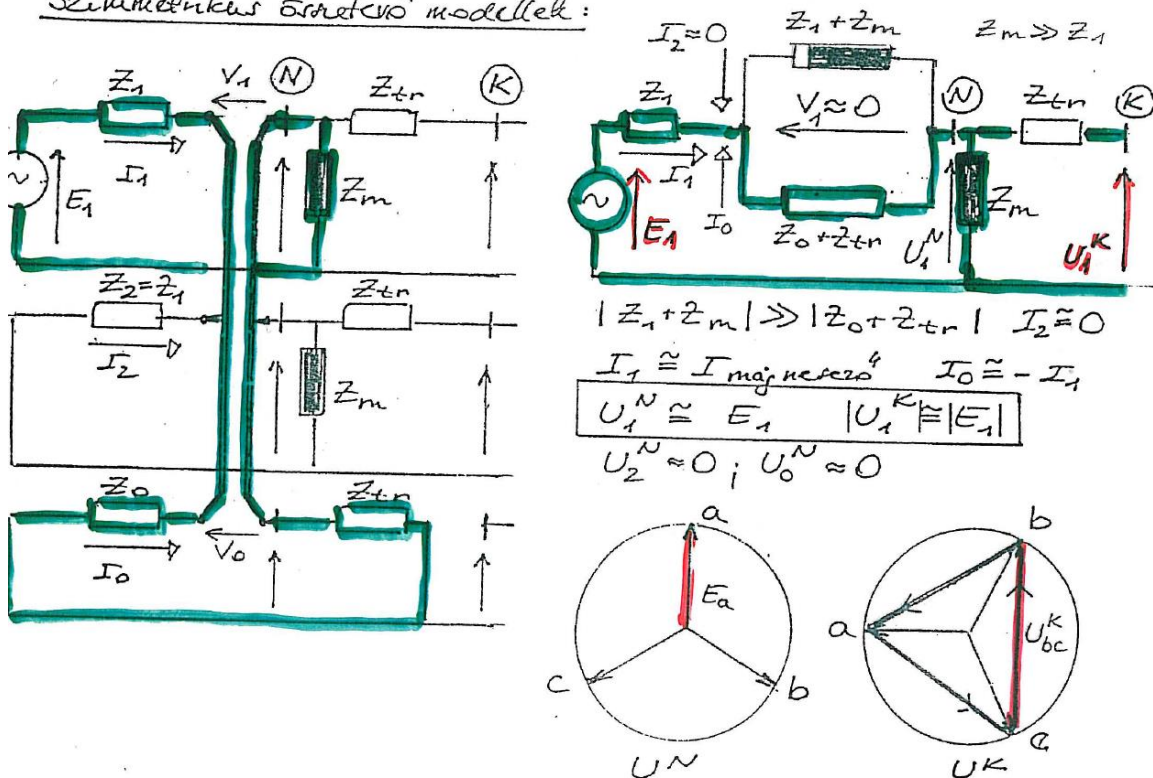
Elemzés:

- d) ☐ az eredmények értékelése, hatások fogyasztókra



Fizikai kép: A tr. a b és c fázisban mágnesező áramot vezet fel, a d oldalon a c-b tekercsre kegyvesztéssel kerül, az Y oldali a tekercs fluxusa $U_a^N \approx -(E_b + E_c)$ feszültséget eredményez, és $V_a \approx 0$ lesz.

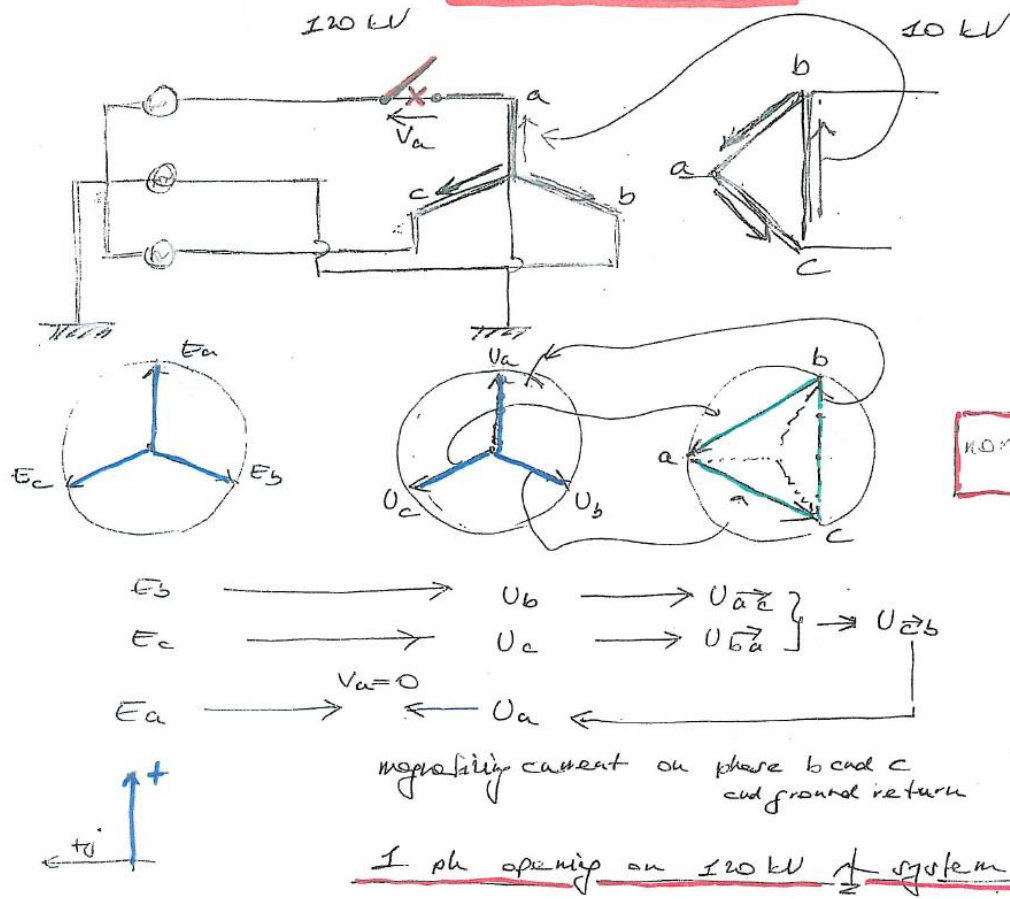
Szimmetrikus összetevő modellek:



ép vonali és fázisfeszültségek
35 (20, 10, 6) kV-on
és 0.4 kV-on

1 ph open 120 kV on

2



17.3 Egyfázisú kikapcsolás terheletlen, Dy kapcsolású 20 / 0.4 kV-os transzformátor 20 kV-os oldalán

A rendszer: egy 20 kV-os, nem földelt csillagpontú, szimm. E(abc) forrás rövid vezetéken keresztül egy terheletlen, Dy kapcsolású 20 / 0.4 kV-os transzformátorhoz kapcsolódik. (Az áramkörben a transzformátor Z_m mágnesező impedanciája a domináns.) A transzformátor 20 kV-os (D) oldalán egy fázis (a) kikapcsolódik (a biztosító kiolvadt)

Ábrák, jelölésekkel:

- a) ☐ háromfázisú áramköri kép
- b) ☐ szimm. összetevő modellek, az egyfázisú kikapcsolás leképezésével

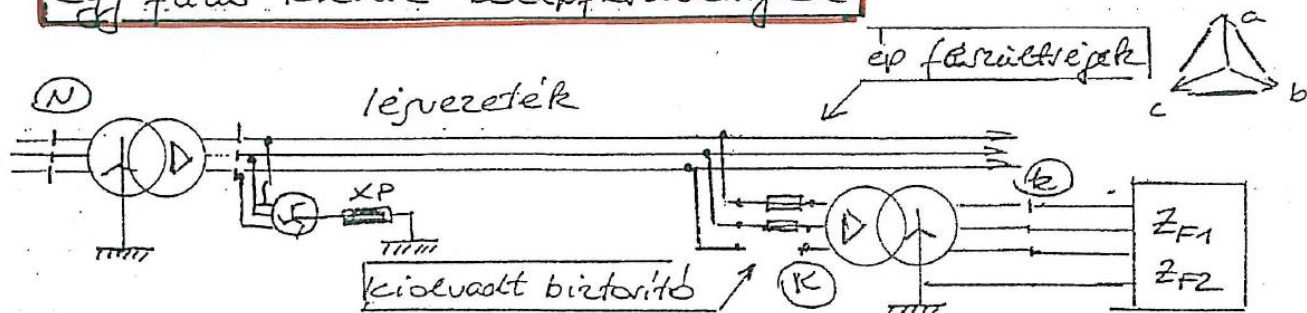
Magyarázó ismertetés és értelmezés:

- c) ☐ fázis és vonali feszültségek fázorábrája (v.e.-ben vagy %-ban) a transzformátor D és y oldalán, fizikai megfontolásokkal indokolva, vagy a szimm. összetevő modellekre felírható összefüggésekből származtatva.

Elemzés:

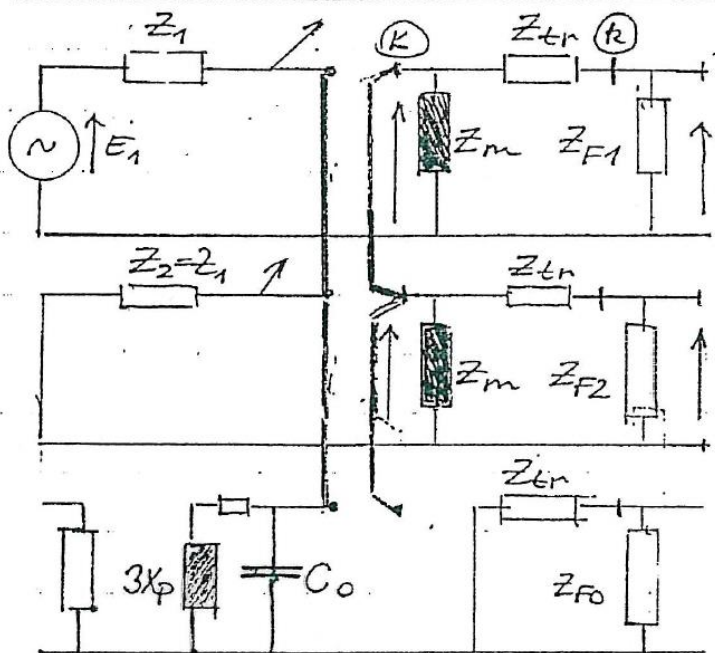
- d) ☐ az eredmények értékelése, hatások fogyasztókra

Egy fairis kiesése közepfernyűtsgien

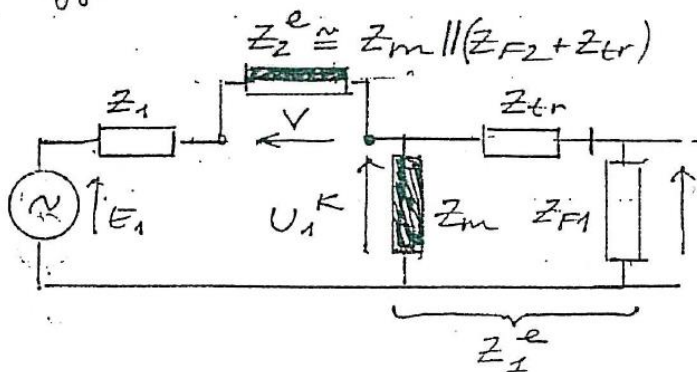


A K/k tr : Dy paralel, kppen Dy3!

Szimmetrikus övezetű modellek



Ефремер'ский :



Ha $z_{F_2} \approx z_{F_1}$ akkor $z_2^e \approx z_1^e$

1.97: $V = U_1^K = E_1/2$ is $U_2^K = -V = -E_1/2$

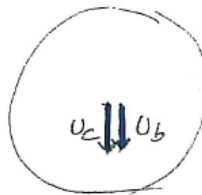
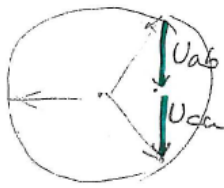
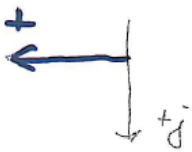
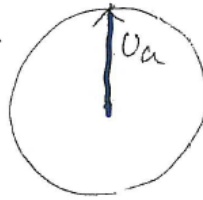
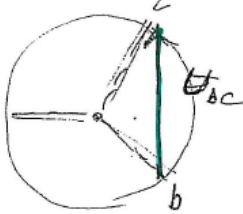
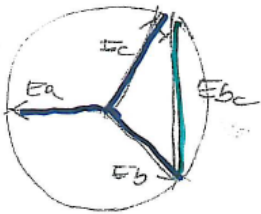
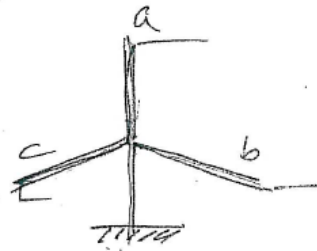
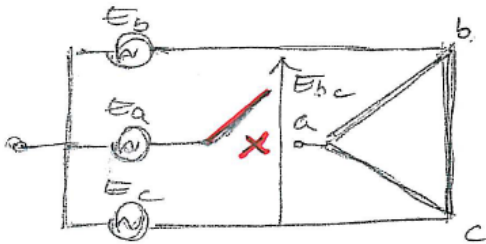
v-e: $U_1^{R_2} = U_1^K \cdot e^{-j90^\circ} = +jE_1/2$

$$U_2^R = U_2^K \cdot e^{+j90^\circ} = -jE_1/2$$
$$U_a = U_1 + U_2 = -jE_1$$
$$U_b^R = U_c^R = (a^2 + a) \cdot (-j E_1 / Z)$$

A 0.4 kV-os oldalon nem lesz a motorok számára forrásmező, az egyfázisú fogyasztók kb. 2/3-a csak 50 %-os feszültséget kap (hűtőgép!)

Middle voltage / 0.4 kV

I f'ki K.F. en



no (3ph) rotating field

$$\begin{aligned}
 E_{bc} &\longrightarrow U_{bc} \longrightarrow U_a = 100\% \\
 &\downarrow \\
 U_{ab}, U_{ca} &\longrightarrow U_b = -50\% \\
 &\longrightarrow U_c = -50\%
 \end{aligned}$$

50% voltage in two phases

1 ph opening on 10 kV ungrounded system

18. Gyűjtősin kialakítások. Alállomások kapcsolási képe.

18.1 Gyűjtősinék, kapcsolási képek.

Ismertetés:

a) ☐ A gyűjtősinék kialakításával szemben támasztott követelmények.

Ábra, értelmező magyarázat:

b) ☐ Egy leágazási mező primer berendezései.

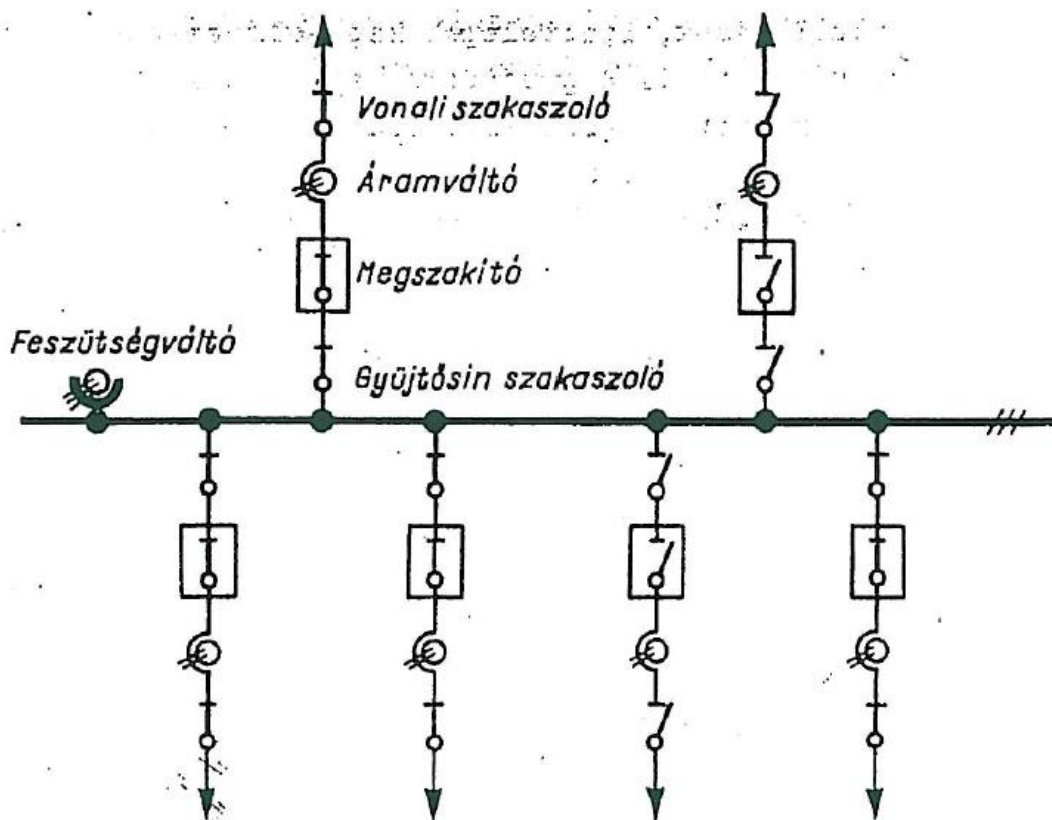
c) ☐ Gyűjtősinék ☐ Egyszeres, ☐ kettős, ☐ segédsínes, ☐ poligon és ☐ másfél megszakító

d) és összehasonlítás (előnyök, hátrányok).

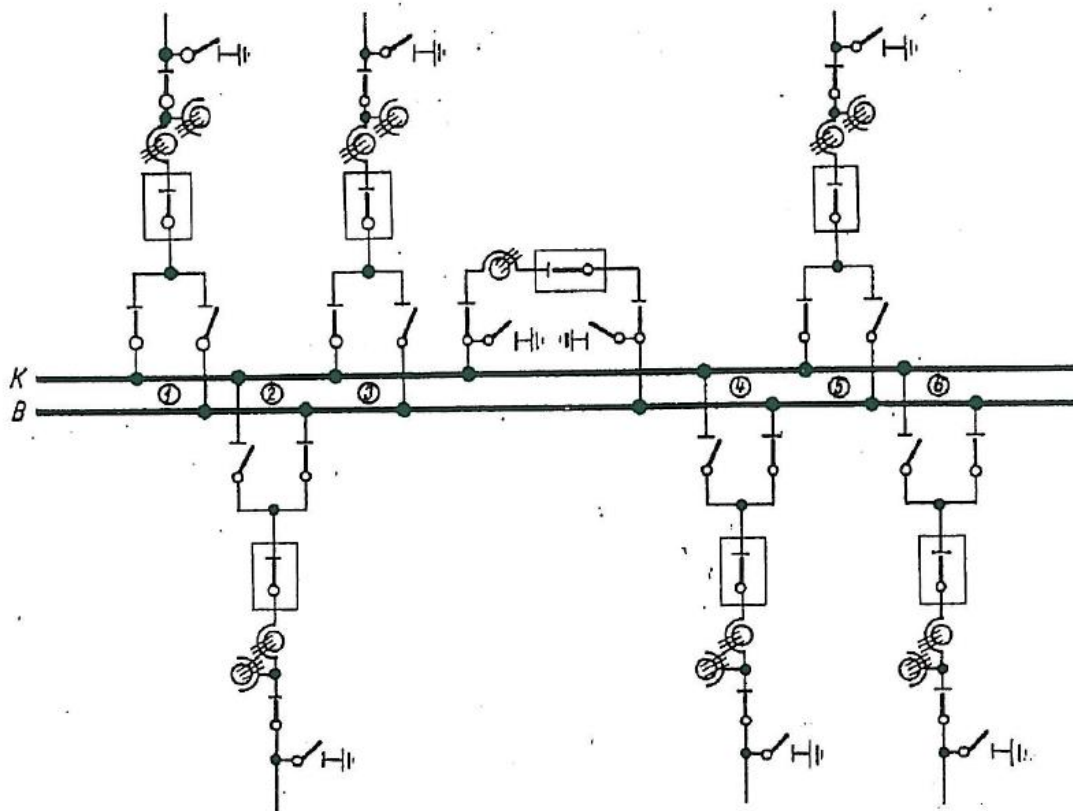
Követelmények, szempontok:

- Egyszerű, áttekinthető primer kapcsolás
- Gyors, rugalmas átrendezhetőség
- Hibatűrés, üzembiztosság
- Folytonos üzem, karbantarthatóság
- Egyszerű szekunderezés lehetősége
- Rendszerelés, távmérés, távjelzés kialakíthatósága
- Távműködtetési lehetőség
- Gazdaságos kivitelezés

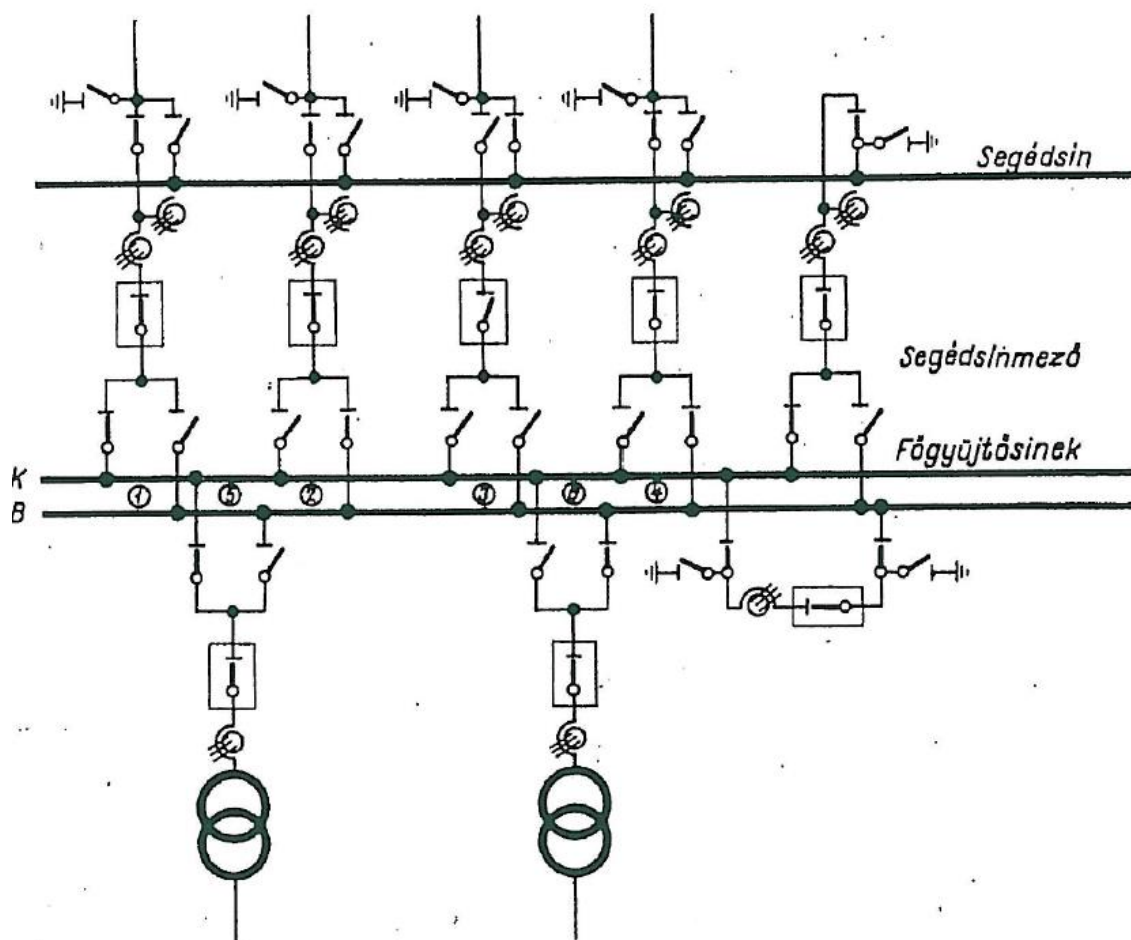
Gyűjtősin



● Egyszeres gyűjtősin



● Kettős gyűjtőfű



● Kettős gyűjtőfű segédsínnel

18.2 Transzformátor állomások, kapcsolási képek.

Ismertetés:

a) ☐ A gyűjtősínek kialakításával szemben támasztott követelmények.

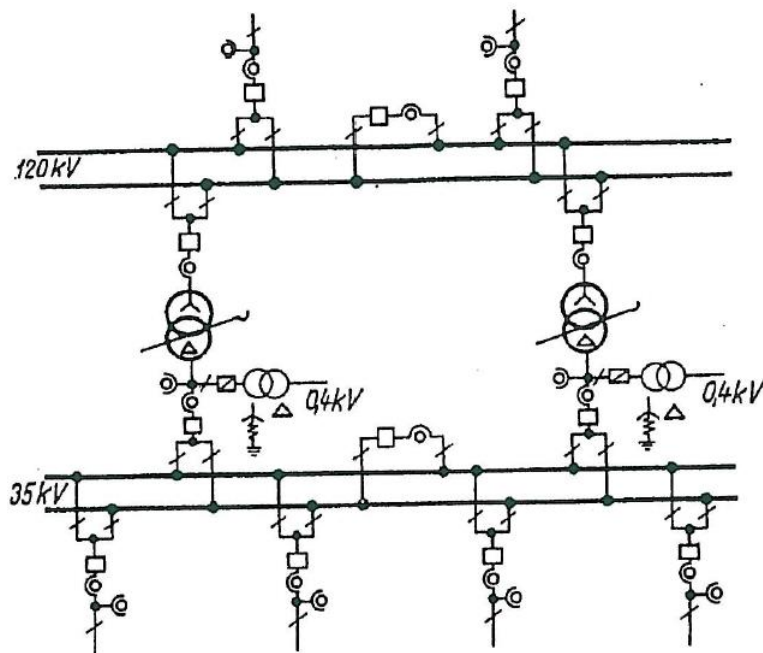
Ábra, értelmezés:

b) ☐ Mindkét feszültség szinten kettős gyűjtősínes állomás.

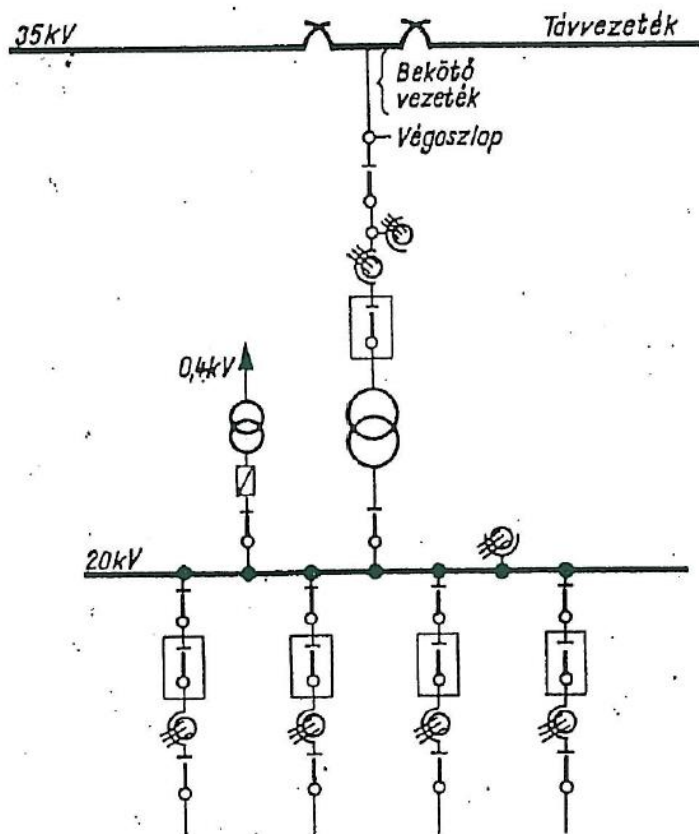
c) ☐ Egyszerűsített állomásképek:

☐ T leágazású állomás, ☐ PI állomás ☐ IP állomás

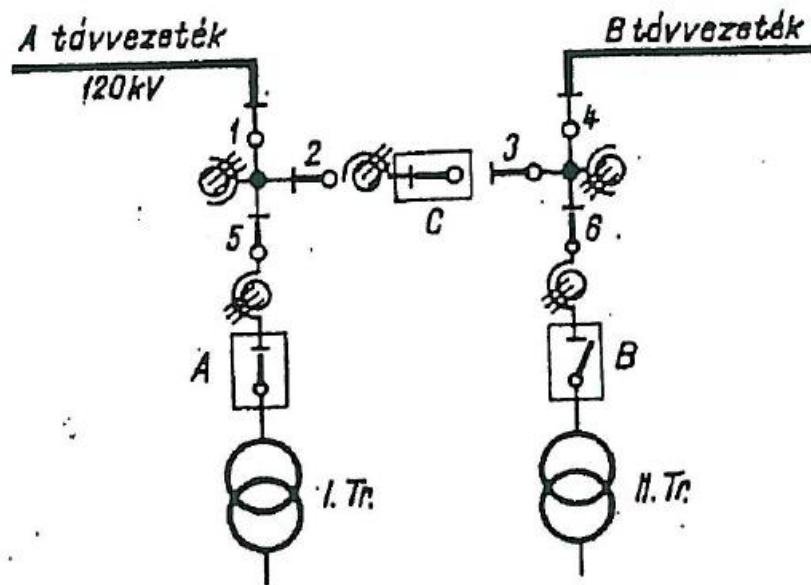
d) és összehasonlítás (előnyök, hátrányok).



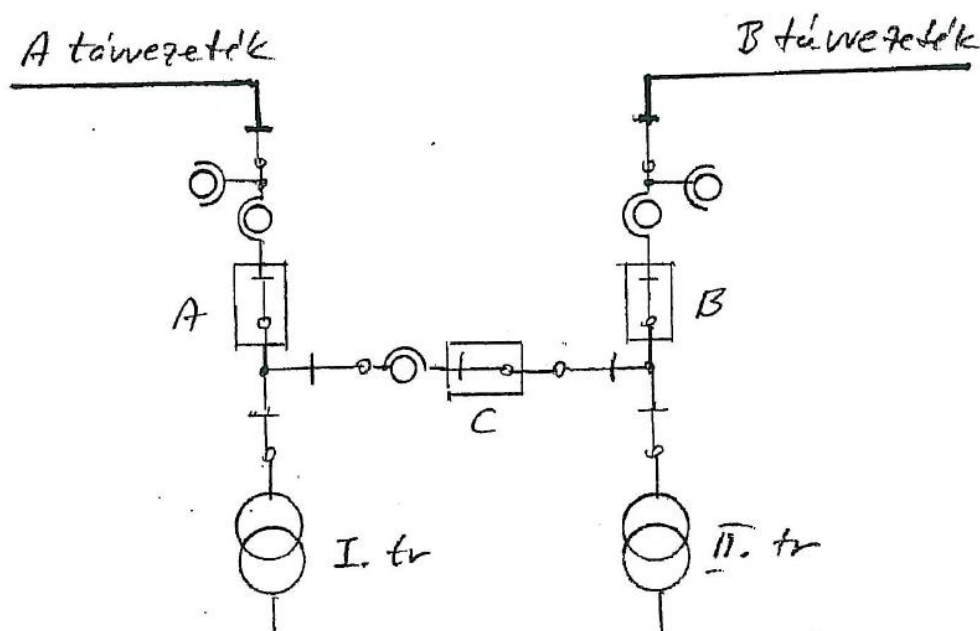
• Kettős gyűjtősínes transzformátor állomás
Egyszerűsített állomások



• T állomás



● II d'Allomás



● IP d'Allomás

19. Hálózati védelmek

19.1 A VER védelmeivel szemben támasztott követelmények, védelmi érzékelési elvek

Értelmezés, kifejtés:

- a) ☐ követelmények: ☐ gyorsaság ☐ szelektivitás ☐ érzékenység ☐ egyszerűség
☐ üzembiztosság ☐ zavartűrő képesség ☐ gazdaságosság.

Felsorolás, értelmezés:

- b) ☐ védelmi érzékelési elvek

Védelmekkel szemben támasztott követelmények:

● 1. Szelektivitás:

Csak a meghibásodott berendezés védelmei működjenek, ép berendezés ne (ill. minél kevesebb) kapcsolódjon le védelmi működés következtében.

● 2. Gyorsaság:

A zárlatok, rendellenes üzemállapotok minimális ideig maradjanak fenn, gyakori ütközés a szelektivitás elvével: az érzékelés legyen gyors, a beavatkozás esetleg késleltetett.

● 3. Érzékenység:

A védett berendezés, hálózatrész különböző pontjain fellépő hibák különböző hatásokat eredményeznek, a védelemnek biztonsággal érzékelnie kell a hatáskörébe tartozó összes előfordulható hibát.

● 4. Üzembiztosság:

A védendő berendezés meghibásodásakor a hibafajtának megfelelő, megbízható és pontos legyen a működés, ne fordulhasson elő téves kioldás. Rendszeres karbantartás, felülvizsgálat szükséges, a szekunder védelmek működtetésre egyenáramot alkalmaznak.

● 5. Egyszerűség:

Törekedni kell az egyszerű védelmi megoldások választására (bonyolultabb védelmek könnyebben hibásodhatnak meg). Legyen védelmi tartalékolás, hogy semmilyen hiba tartósan ne maradjon fenn.

● 6. Gazdaságosság:

Adott feladat ellátására a legegyszerűbb (és így a legolcsóbb) védelmi megoldást kell választani a védendő berendezésre vonatkozó védelmi előírások betartásával.

A követelmények egymással ütköznek: a védelem kiválasztása gyakorlatilag mindig kompromisszumos döntést igényel, szükséges a szokásos alkalmazások ismerete, a védelmi irányelvek előírásainak betartása.

Védelmi irányelvek rendszere: Üzemi Szabályzat Melléklete, www.mavir.hu

Érzékelési elvek:

- Áramérzékelésű (túláram, túlterhelés) védelem
- Áramkülönbözeti elvű (differenciál, szakasz) védelem
- Impedancia érzékelésű (távolsági, impedancia-csökkenési) védelem
- Feszültség csökkenési / növekedési védelem
- Frekvencia csökkenési / növekedési védelem
- Logikai különözeti védelem (gyűjtősinék védelmére)
- Nem villamos érzékelésű védelmek (pl.: gázvédelem olajszigetelésű transzformátorok védelmére)

20-21. Középfeszültségű gyűjtősin és leágazások védelme

20.1 Késleltetett és gyors fokozatú (kétlépcsős) túláramvédelem

Értelmezés, kifejtés ábrákkal, képletekkel:

- a) ☐ a védelem alkalmazási területe
- b) ☐ zárlati áram függése a villamos távolságtól, hibafajtától, a betáplálás mögöttes impedanciájától (zárlati áram – villamos távolság karakterisztika)
- c) ☐ az alap- és tartalékvédelmi szerepkör bemutatása egyszerű példán
- d) ☐ a védelem gyors- és késleltetett fokozatának beállítási feltételei
- e) ☐ kétlépcsős túláramvédelem gyors fokozata beállítási áramának bejelölése a zárlati áram – villamos távolság karakterisztikán

Alapvédelemként: R-T fázisban

2.1.1.3. A védelem indulási áramát (I_b) az alábbi összefüggés szerint kell megállapítani:

$$\frac{k_f}{k_v} \cdot \frac{I_{ü \max}}{1 - \epsilon} \leq I_b \leq \frac{I_{z \ 2F \ min}}{1 + \epsilon}$$

ahol:

- I_b : a relé beállítási áramának primerre vonatkoztatott értéke
- $I_{ü \max}$: a vezeték maximális terhelő árama, amely a vezetékre megengedett állandó terhelő áramnál nagyobb nem lehet
- $I_{z \ 2F \ min}$: a teljes védett vezeték végén minimális üzemállapotban keletkező kétfázisú zárlati áram értéke
- ϵ : biztonsági tényező, értéke 0,1–0,2 között választható
- k_f : felfutási tényező; értéke általában 1–2 között választható a vezetékről ellátott fogyasztók jellegétől függően, ipartelepi hálózaton ennél nagyobb érték választása is indokolt lehet
- k_v : ejtő viszony; értéke: az alkalmazott relé adataitól függően 0,8–0,95 közötti érték.

Megjegyzés:

A túláramvédelem működését kedvezőtlenül befolyásolhatják és felesleges kioldást okozhatnak egyes jelenségek, mint például a tranzlens földzárlati áramok, bekapcsolási és visszakapcsolási áramlökések, a táplált transzformátorok szekunder oldali zárlata.

2.1.1.4. A vezetéken egymás után következő védelmek késleltetése között

- elektronikus védelem esetén legalább 0,3 s
 - elektromechanikus védelem esetén legalább 0,4 s
- időlépcső legyen.

A késleltetés legnagyobb értéke legfeljebb 2 s lehet.

Megjegyzés:

A túláramvédelem működését kedvezőtlenül befolyásolhatják és felesleges kioldást okozhatnak egyes jelenségek, mint például a tranzlens földzárlati áramok, bekapcsolási és visszakapcsolási áramlökések, a táplált transzformátorok szekunder oldali zárlata.

2.1.1.5. Amennyiben az MSZ 1610/1 zárlati termikus szilárdságra vonatkozó előírásait a késleltetett zárlati túláramvédelem nem elégíti ki, késleltetés nélküli zárlati túláramvédelmet is alkalmazni kell. (I >>)

Tartalékvédelemként:

Alkalmazni kell minden olyan leágazásban, ahol

- az állomás gyűjtősinét 120 kV-os primer feszültségű transzformátor táplálja, vagy
- fedővédelmi holtáv van.

$I_b = ?$, azonosan mint 2.1.1.3. pontban !

② Kéreltetett zárlati teleáramok... (R-T fázisban)

Az indulási áramát a következő összefüggés szerint kell megállapítani:

$$\frac{I_{bv \max}}{1 - \epsilon} \leq I_b \leq \frac{I_{Z2F \min}}{1 + \epsilon}$$

ahol:

I_b : a relé beállítási áramának primerre vonatkoztatott értéke

$I_{Z2F \min}$: kétfázisú gyűjtőszínzárlat felleptekor, különböző üzemállapotokban, az érintett betápláláson átfolyó zárlati áramok közül a legkisebb

$I_{bv \max}$: a gyűjtőszínről táplált leágazások közül annak a védelemnek I_b értéke, amelyik a ~~2-2-es relébe~~ alapján számítva a legnagyobb

ϵ : biztonsági tényező; értéke 0,1–0,2 között választható.

Kéreltetése egy szelektív időlépcső legyen (0,3–0,4 s)