

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

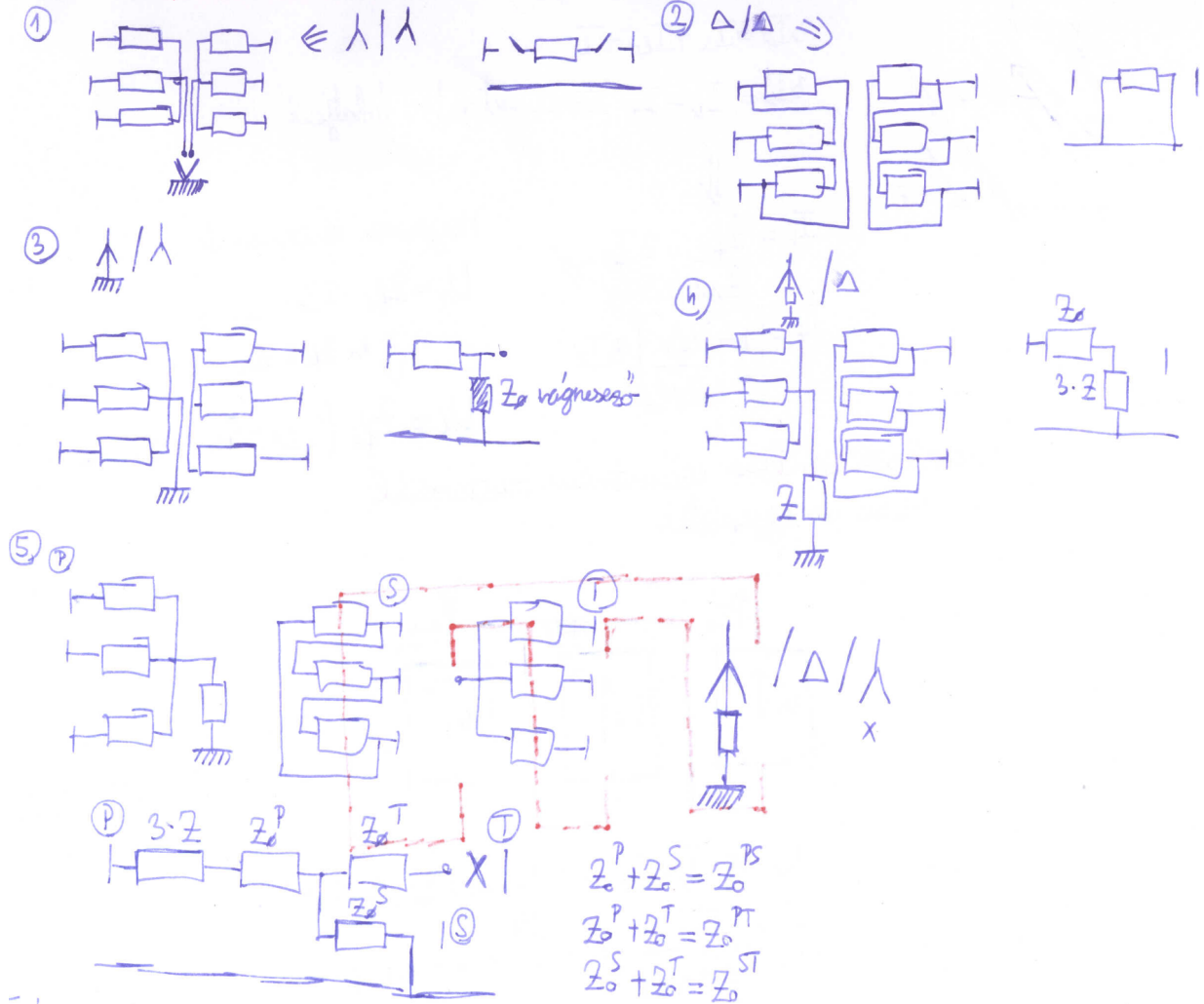
b) kapcsolás: Yd Zcs az Y oldalon

c) kapcsolás: Dd

d) kapcsolás: Yd 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

13A) Transzformátor zérus sorrendű modellje



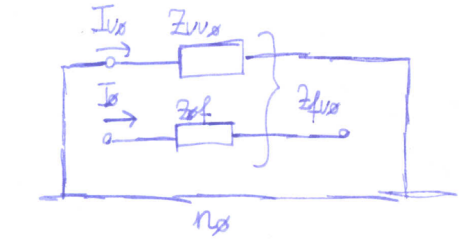
standard földelő: 10A / 7. oldalról

A vidékvezető lekapcsolása a zérus sorrendű modellben

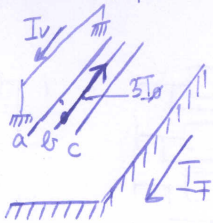
$3 \cdot Z_{fvr} = Z_{fvr}$ $I_v/3 = I_{v0}$
 $3 Z_{v0} = Z_{v0}$ $Z_{ef} = Z_{0nf} + 2 Z_{ef}$

$U_{0s} = Z_{ef} \cdot I_{0s} + Z_{fvr} \cdot I_{v0}$
 $U_v = Z_{fvr} \cdot I_{0s} + Z_{v0} \cdot I_{v0}$

lekapcsolása zérus sorrendű áramkörben:



T.f.h az oszlop földelésével ellenállása elhanyagolható



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

$$3I_0 = I_v + I_f \leftarrow \text{a mészetre irányul}$$

$$I_v = \frac{Z_{fv}}{Z_{vv}} \cdot 3I_0$$

$$I_f = \left[1 - \frac{Z_{fv}}{Z_{vv}} \right] 3I_0$$

Mágneses távolbhatás:

$$U_i = Z_{fi} \cdot 3I_0 - Z_{vi} \cdot I_v$$

↓ ha $Z_{fk} = Z_{vk}$

$$U_i = Z_{fi} (3I_0 - I_v) = Z_{fi} \cdot I_f$$

13.2 A védővezető a zérus sorrendű modellben, mágneses távolbhatás

- a) a távvezeték eredő Z_0 zérus sorrendű impedanciája a védővezető nélküli Z_{0f} impedanciával, a Z_{vv} védő-föld hurokimpedanciával és a Z_{fv} fázis-védő közötti kölcsönös impedanciával kifejezve
- b) fázisvezető áramok $3I_0$ komponense, védővezető (I_v) és föld (I_f) áram-visszavezetés
- c1) a földben folyó I_f komponens kifejezése az átlagos Z_{vf} (védő-fázis kölcsönös) és Z_{vv} (védő-földhurok) impedanciával
- c2) a mágneses távolba hatás (U_i) kifejezése az I_f földáram alapján.

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

- a) A megadott 1FN(a), 2F(b,c) vagy 3FN, 2FN(b,c) zárlat hálózati egyenletei, és modellezése szimmetrikus összetevő hálózatokkal
- b) 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!
- c) Számítsa ki az adott helyen bekövetkező 1FN(a) zárlat hatására kialakuló fázisáramokat a transzformátor N és K oldalán!

13.4 Zárlatok összehasonlítása a hibahelyi áram és átviteli impedancia változása szempontjából

- 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.

13.5 Kikapcsolások leképezése, összehasonlítás az átviteli impedancia változása szempontjából

Ábrák, magyarázat, képletek:

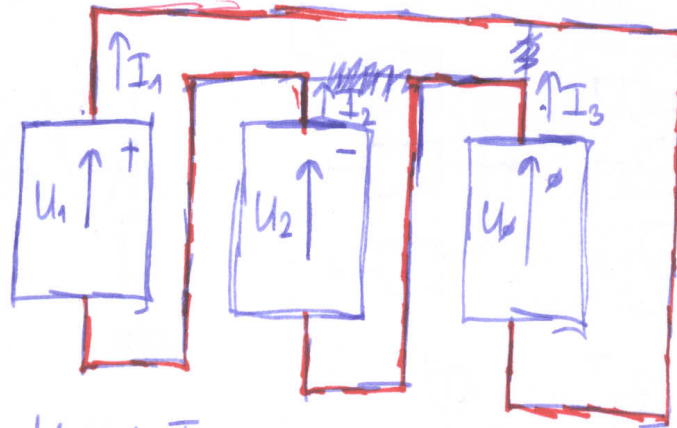
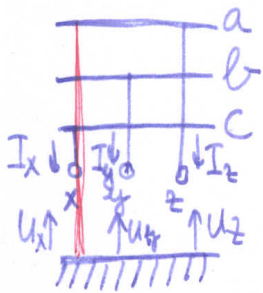
Az 1Fki(a) soros hiba modellje, szimmetrikus összetevő hálózatokkal történő leképezése

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.

13B Záratok, kikapcsolások számítása szimmetrikus összetűzővel
 Hibaáramok modellezése és egyenletei

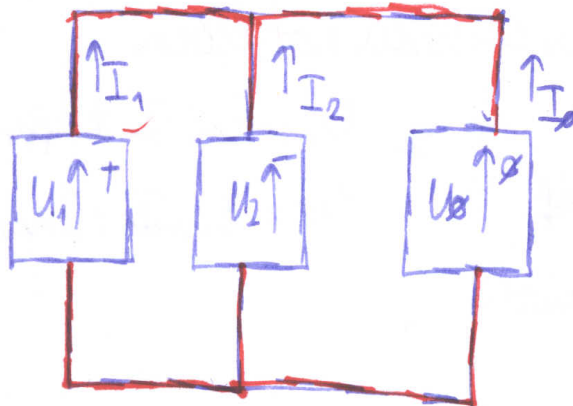
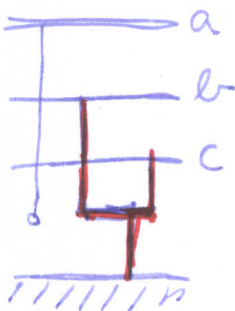
1FN(a)



$$U_x = 0 \quad I_y = I_z = 0 \quad I_1 = I_2 = I_3 \quad U_1 + U_2 + U_3 = 0$$

$$I_1 = \frac{E_1}{z_1 + z_2 + z_3} \quad I_2 = I_x = I_1 + I_2 + I_3 = 3I_1$$

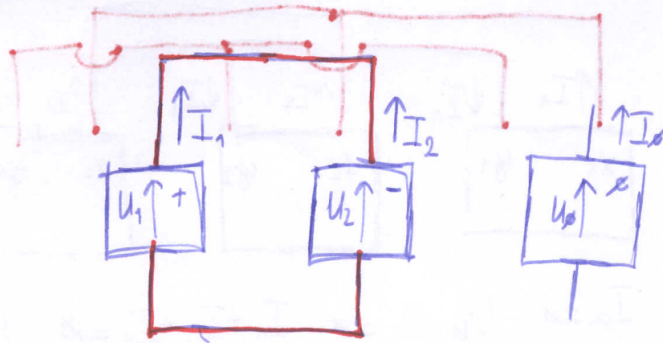
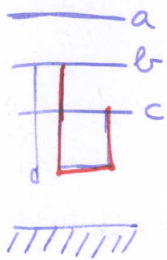
2FN(b, c) (jelölések nemadnak)



$$I_x = 0 \quad U_y = U_z = 0 \quad U_1 = U_2 = U_3 \quad I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$I_1 = \frac{E_1}{z_1 + z_2 + z_3} \quad I_2 = -I_1 \frac{z_3}{z_2 + z_3} \quad I_3 = -I_1 \frac{z_2}{z_2 + z_3}$$

2F (b, c)



$$I_x = 0 \quad U_1 = U_2 \quad I_2 = -I_1 \quad U_1 = U_2 \quad U_0 = 0$$

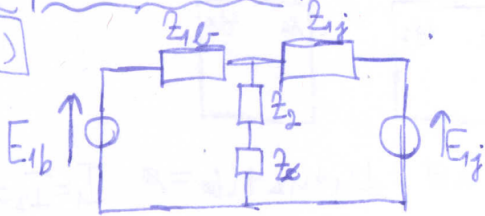
$$I_1 = \frac{E_1}{Z_1 + Z_2} \quad I_2 = -I_1 \quad I_0 = 0$$

[többi rész szándék] ⇒ helyettesítő kép + számolás

Az állandósult zónai áram egy fázistelepes rövidzáránál a legnagyobb. 3F zónánál a 3 fázistelepes áramirányfluxusa csökkenti a pólusfluxust, ezért a generátor felosztásban legrövidebb.

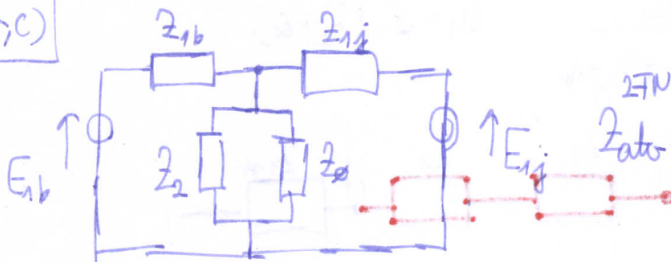
Átíteli impedancia felvétele:

1FN(a)



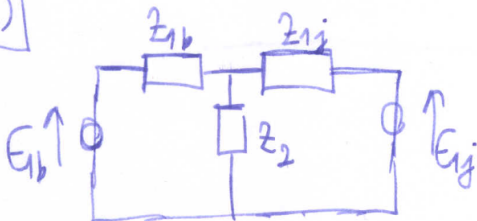
$$Z_{atr}^{1FN} = Z_{1b} + Z_{1j} + \frac{Z_{1b} + Z_{1j}}{Z_2 + Z_0}$$

2FN (b, c)



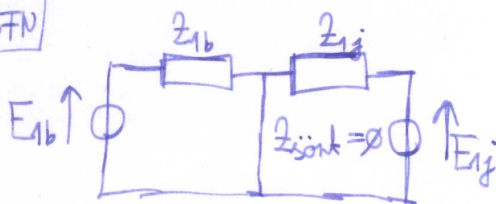
$$Z_{atr}^{2FN} = Z_{1b} + Z_{1j} + \frac{Z_{1b} + Z_{1j}}{Z_2 \parallel Z_0}$$

2F (b, c)



$$Z_{atr}^{2F} = Z_{1b} + Z_{1j} + \frac{Z_{1b} \cdot Z_{1j}}{Z_2}$$

3F, 3FN

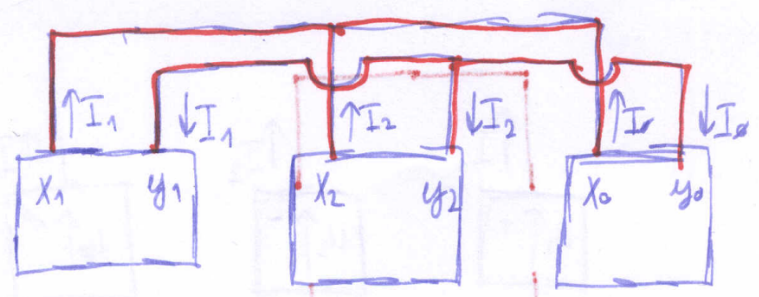
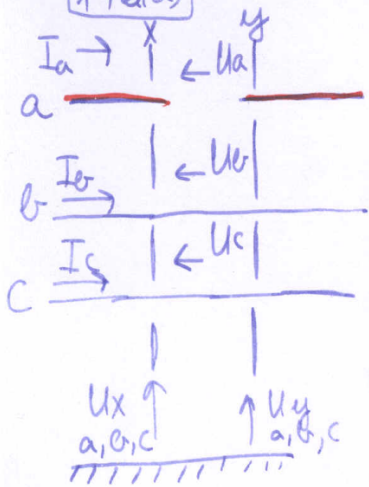


$$Z_{atr}^{3F} = \infty$$

$Z_{atr}^{3F} < Z_{atr}^{2FN} < Z_{atr}^{2F} < Z_{atr}^{1FN} < Z_{atr}^{3F}$

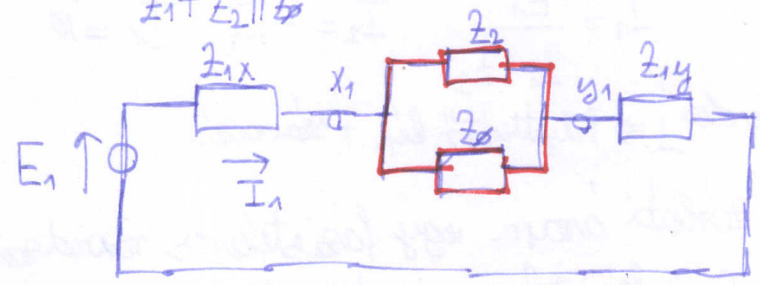
Kilapcsatlakozás:

1 Fli(a)

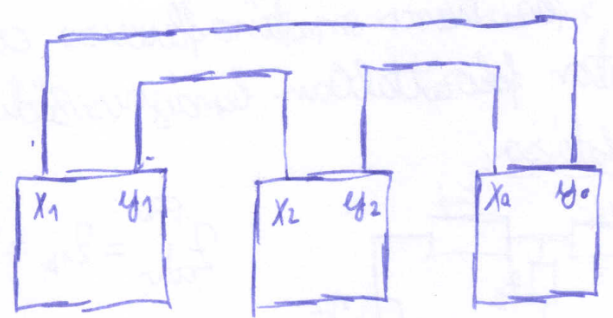
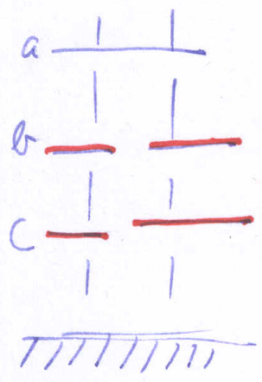


$I_a = 0$ $U_b = U_c = 0$ $I_1 + I_2 + I_0 = 0$ $U_1 = U_2 = U_0$

$I_1 = \frac{E_1}{Z_1 + Z_2 \parallel Z_0}$ $U_1 = I_1 \cdot (Z_2 \parallel Z_0)$ $U_a = 3U_1 = U_{ax} - U_{ay}$

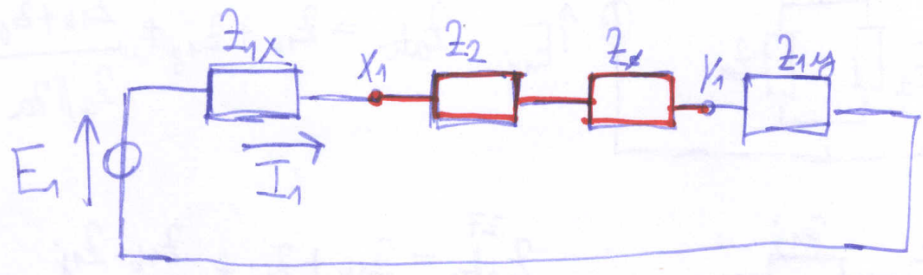


2 Fli(b, c) jelölésel
transzformál



$U_a = 0$ $I_b = I_c = 0$ $U_1 + U_2 + U_0 = 0$ $I_1 = I_2 = I_0$

$I_1 = \frac{E_1}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$ $U_1 = I_1 (Z_2 + Z_0)$



14.1 Transzformátor 1FN kapcsolási rajza, 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 $at = 120 / 10 \text{ kV} / \text{kV}$ (vonali) Salap = 40 MVA (3f)

A zárlatos csillag-oldalon a zárlati áram $I_a = 6.0$ ve 0 fok

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

Megadott I FN ve ismeretében számítással meghatározandó:

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

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

14.2 Transzformátor 2F kapcsolási rajza, 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 $at = 120 / 10 \text{ kV} / \text{kV}$ (vonali) Salap = 40 MVA (3f)

A zárlatos oldalon $I_b = 6.0$ ve 0 fok

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

Megadott I 2F ve ismeretében számítással meghatározandó:

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

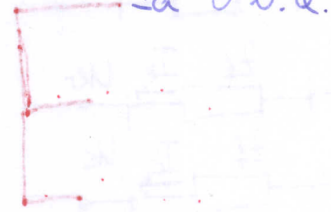
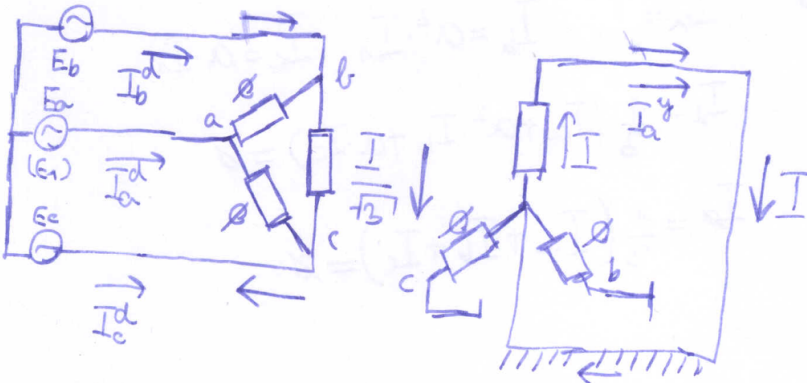
b) a tápoldali I (abc) fázisáramok kA-ben

14) Transzformátor kapcsolásaita

Teljes egészében számszó pelda \Rightarrow 14 -es jegyzetben egy az egyben benne van
 a) 1FN kapcsolásaita

adatok: kapcsolási csoport: Yd11
 áttétel: 120/10 kV (konali)
 Salag = 40 MVA (3f)

terhelés egy csillag-oldalon
 a terhelési áram: $I_a = 6$ v.e.



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

$$I_1^d = 0 \quad I_2^d = +jI/3$$

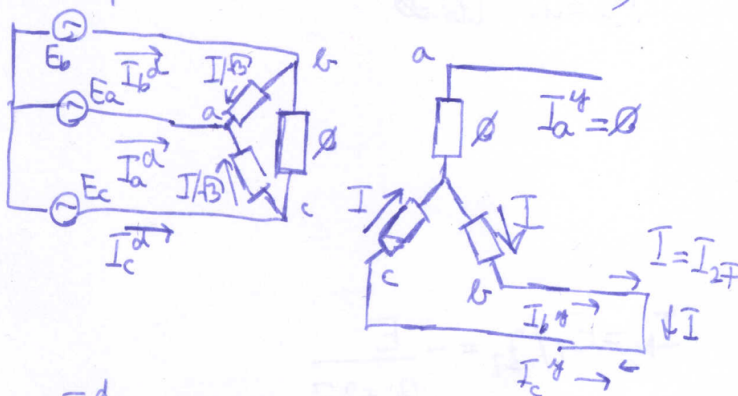
$$I_0^y = I/3 \quad I_1^y = I_2^y = I_0^y$$

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

$$I_a^d = 0 \quad I_b^d = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot I$$

$$I_a^y = \frac{2}{3} I \quad I_b^y = 0$$

2, 2F kapcsolásaita (adatok a feladat szerint)



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

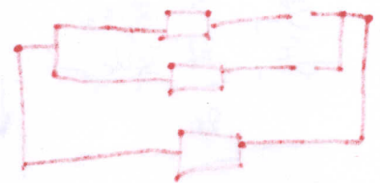
$$I_a^y = 0 \quad I_b^y = I \quad I_c^y = -I$$

$$I_1^d = -I/\sqrt{3} \quad I_2^d = -I/\sqrt{3}$$

$$I_1^y = jI/\sqrt{3} \quad I_2^y = -I_1^y$$

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

$$I_c^d = 0 \quad I_b^y = I$$



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

Az elvi rendszer: ideális, földelt csillagpontú E_{abc} forrás + távvezeték, átlagos $Z_{\text{ön}}$ és Z_k impedancia.

Az adatok : $E_a = 120 / 1.73$ kV (fázis) $Z_{\text{ön}} = j 0.6$ 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 zárlathoz: végpont (a zárlat helye) táppont

A 2F és 2FN zárlati áram meghatározása számítással :

c) 2F $I(abc)$ fázisáramok, $I(012)$ szimm. összetevők az $I(abc)$ alapján

d) 2FN $I(abc)$ fázisáramok, $I(012)$ szimm. összetevők az $I(abc)$ alapján

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

Az elvi rendszer: ideális, földelt csillagpontú E_{abc} forrás + távvezeték, átlagos $Z_{\text{ön}}$ és Z_k impedancia.

Az adatok: $E_a = 120 / 1.73$ kV (fázis) $Z_{\text{ön}} = j 0.6$ 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 3F és az 1FN zárlathoz: végpont (a zárlat helye) táppont

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

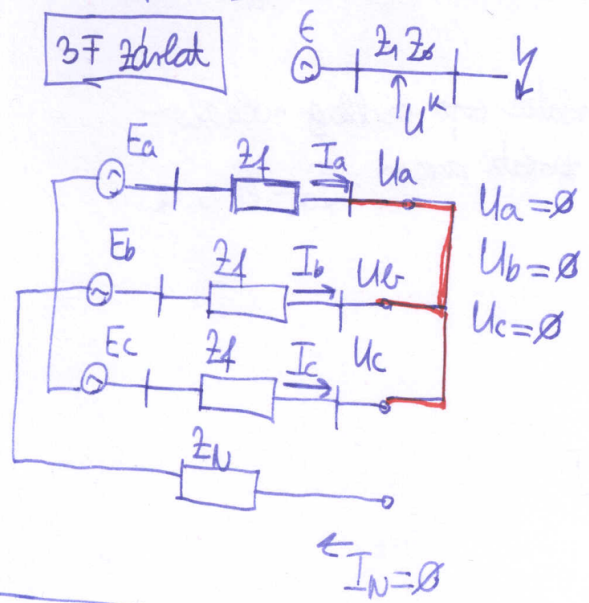
c) 3F $I(abc)$ fázisáramok, $I(012)$ szimm. az $I(abc)$ alapján

d) 1FN $I(abc)$ fázisáramok, $I(012)$ szimm. az $I(abc)$ alapján

15) Taborszámú zárlat áram- és feszültségképe [az adatok adottak]

Zárlattípusok \Rightarrow lásd az alábbi a 15-ös jegyzetben

3F zárlat



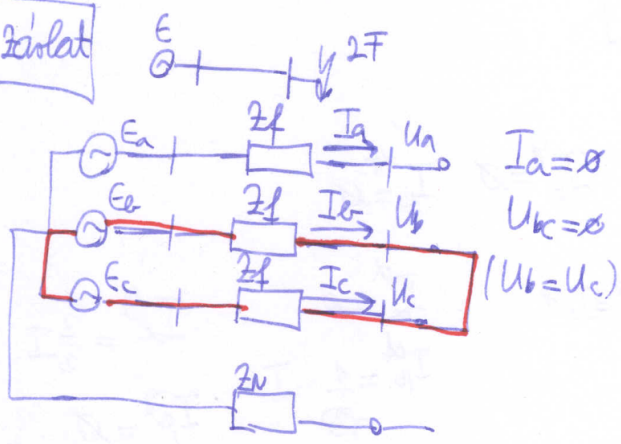
$$I_a = \frac{E_a}{Z_1} = \frac{E_a}{Z_1} \quad I_0 = |I_a| = \left| \frac{E_a}{Z_1} \right|$$

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

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

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

2F zárlat



$$I_a = 0 \quad U_c = 0$$

$$I_b = \frac{E_{bc}}{2Z_1} = -j \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{E_a}{Z_1}$$

$$I_c = -I_b$$

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

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

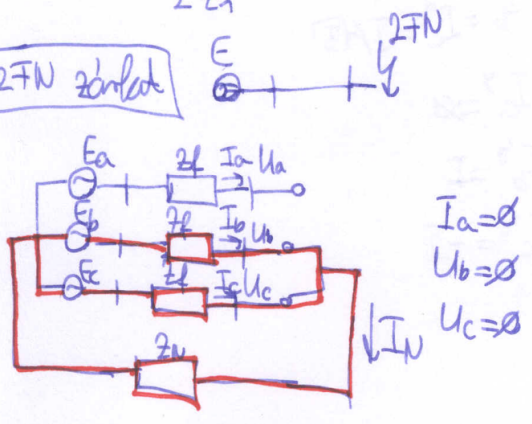
$$U_2 = U_1 \quad U_0 = 0$$

$$I_0 = 0$$

$$I_1 = \frac{E_1}{2Z_1}$$

$$I_2 = \frac{-E_1}{2Z_1}$$

2FN zárlat



$$I_a = 0 \quad U_b = 0 \quad U_c = 0$$

$$I_N = E_T / Z_T = - \frac{E}{\frac{Z_1 + 2Z_0}{3}}$$

$$I_b = I_b^{2f} + I_N / 2$$

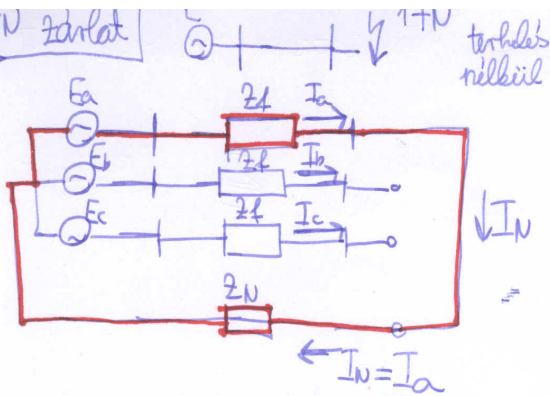
$$I_c = I_c^{2f} + I_N / 2$$

$$I_0 + I_1 + I_2 = 0$$

$$U_0 = U_1 = U_2$$

$$I_{2FN} > I_{2f}$$

1fV Zirkel



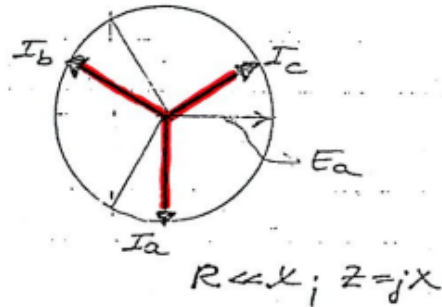
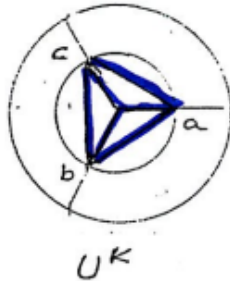
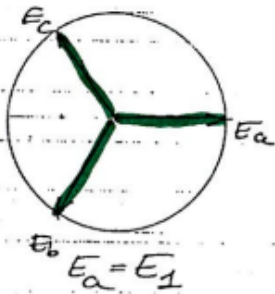
$$I_N = I_a = \frac{E_a}{Z_1 + Z_N} = \frac{E_a}{\frac{2Z_1 + Z_N}{3}} = \frac{E_1}{\frac{2Z_1 + Z_N}{3}}$$

$$I_{fV} = |I_a| = 3 \cdot \frac{E_1}{2Z_1 + Z_N}$$

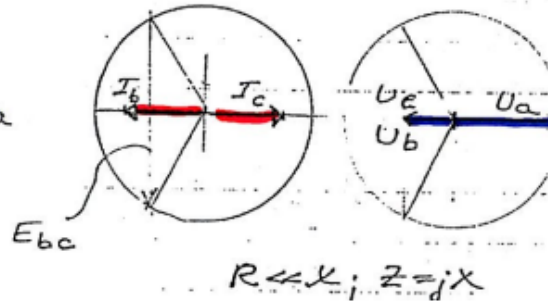
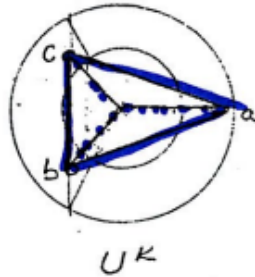
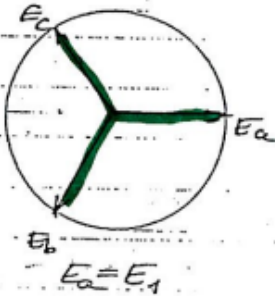
$$I_\varnothing = I_1 = I_2$$

$$U_\varnothing + U_1 + U_2 = 0$$

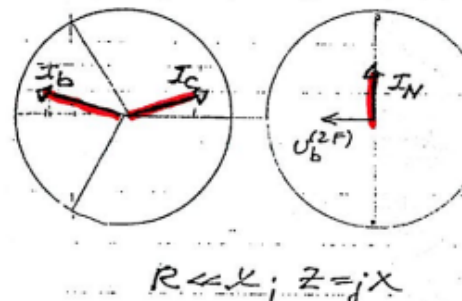
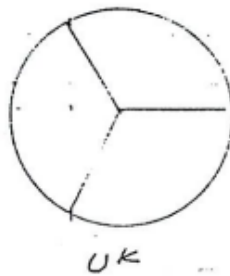
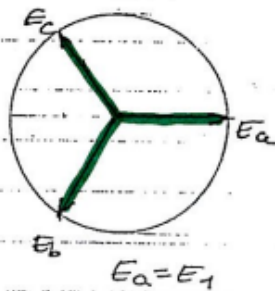
3f



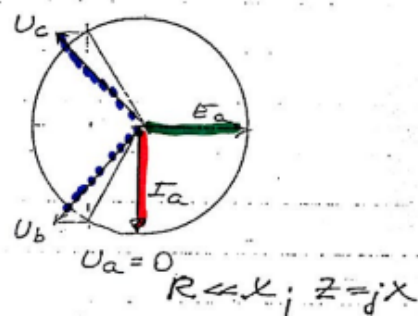
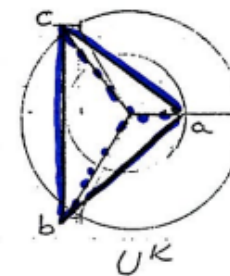
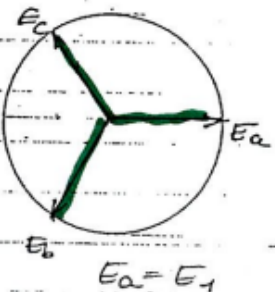
2f



2fn



1fn



16.1 A csillagpontföldelés (alapharmonikus) hatása fázis-föld zárlatkor

Ábra :

a) Elvi háromfázisú rendszer a földelt és a földeletlen csillagpontú rendszerhez :

táplálás, transzformátor, vezeték a jellemző soros, illetve sönthelemmel.

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

b) a lényeges Ufázis – Ifázis, U_o, I_o fázorábrák,

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

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

16.2 Az ívöltő tekerccsel földelt (kompenzált) hálózat

Elvi hálózati ábra, ismertetés, értelmezés :

a) a jellemző U_{abc} és I_{abc} fázorábra az a fázis egyfázisú földzárlatkor

b) az ívöltő tekerccs 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 kompenzáltági fok értelmezése, a túlkompenzálás szükségességének oka

16.3 Csillagpontföldelések gyakorlata az MK VER-ben

Elvi hálózati ábra, ismertetés, értelmezés :

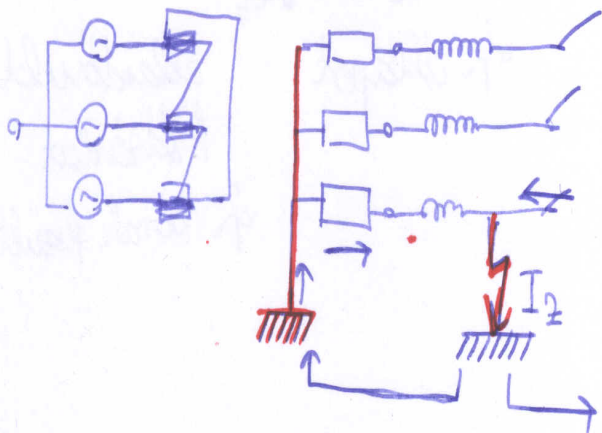
az MK VER hálózatföldelési ('csillagpont kezelési') gyakorlata az alábbiak szerint osztályozva:

a feszültség szintek (400, 120, 20, 10 és 0.4 kV), a hálózati távvezetékek (szabadvezeték, kábel),

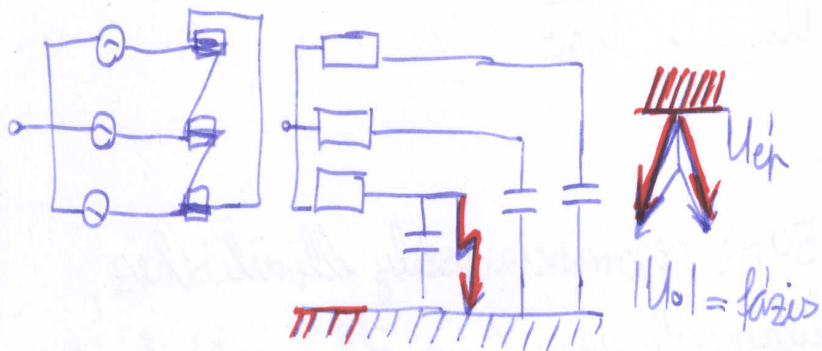
áttekinthető összefüggő (400, 120, 20, 10 és 0.4 kV) hálózati ábrán a szokásos rajzolási módon megadva, a

transzformátorok, csillagpont-képzők (Y,D,Z) tekerccselésének egyértelmű felismerhetőségével

16 Hálózati csillagpontföldelés

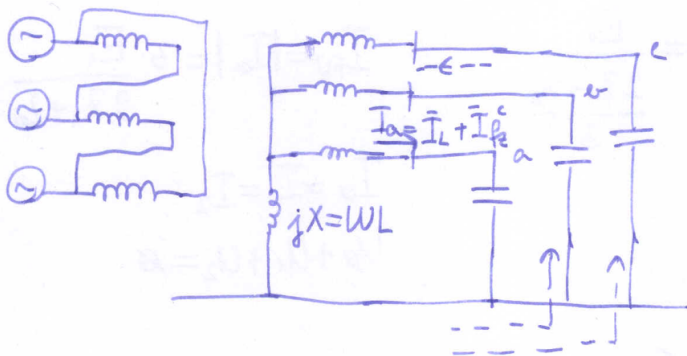
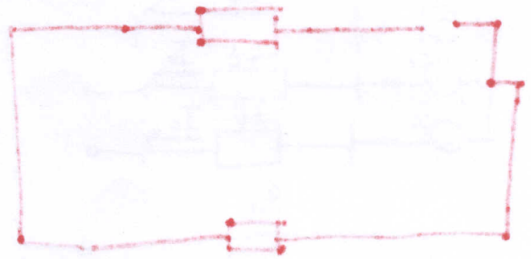
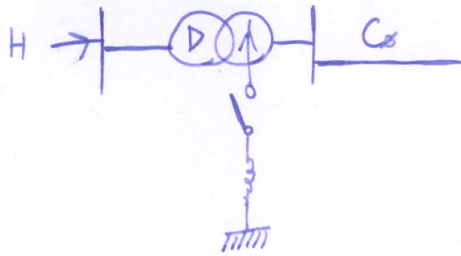


- ~ $I_2 \gg I_{\text{terhelő}}$; rövidzárlat
- ~ $U_{\text{fázis}} \approx U_{\text{műveges}}$ (fázis)
- ~ jelentős I_{cs}
- ~ A zárlati helytől távolodva
 - U_0 csökken
 - a zárlatos fázis feszültség növekszik

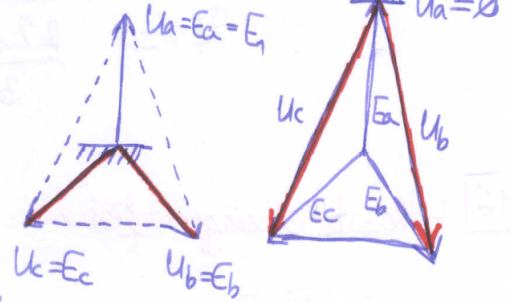


- ~ a földzárlati áram kapacitív áram, nincs áramnövekedés a terheléshez képest
- ~ $U_{\text{fázis}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{műveges}}$
- ~ I_2 nem jelentős
- ~ a zárlati helytől távolodva
 - U_0 mindenütt azonos [$U_0 = U_{\text{fázis}}$]
 - a zárlatos fázis feszültsége mindenütt zérus

Az ioltó teleressel földelt (kompenzált) hálózat



Feszültség- és áramfázorok



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

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

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

A kompenzátsági fok: $k = \frac{|\bar{I}_L|}{|\bar{I}_{fz}^c|} = \frac{1}{W_n^2 3 L C_0} = \frac{W_p^2}{W_n^2}$

$$f_0 = 50 \cdot \sqrt{k}$$

Túlkompenzálás szükséges az $f_0 \approx 50 \text{ Hz}$ rezonanciafrekvencia elkerüléséhez, mert állandó L esetén vezeték kikapcsolásakor C_0 csökken, ezért f_0 nő.
Ha $f_0 < f_n$ lenne akkor $f_0 \approx f_n$ előállhat.

[jegyzet / 11. old \Rightarrow időfüggvények]

Ioltó teleres hatás:

- minimalizálja a földszárlati áramot
 \rightarrow az i nagy valószínűséggel kiábrak
- felel a zárlatos fizis feszültségének felépüléséért
 \rightarrow csökken a visszahívás veszélye $I_{fz}^c \approx 4,5 \text{ A} / 100 \text{ km}$

Csillagpont földelési gyakorlata az MK VÉL-ben

[alra \Rightarrow jegyzet 14. oldal]

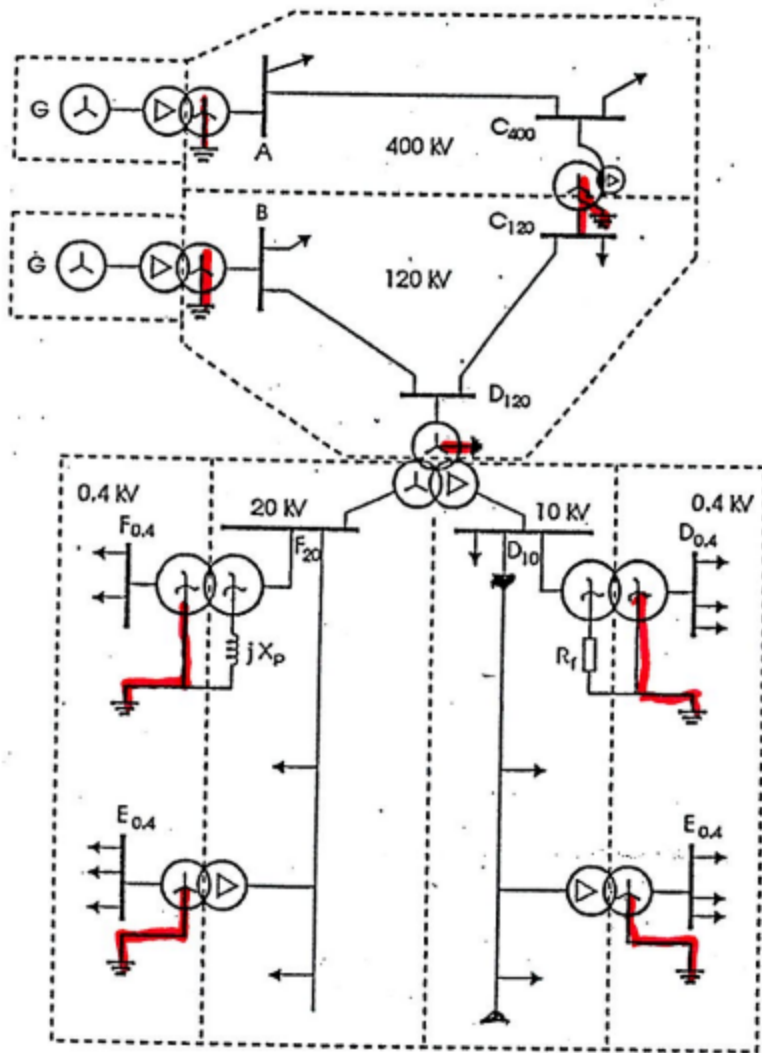
Erőművi generátor : földetlen csillagpont

400, 120 kV : közvetlenül földelt (kataszosan földelt)

20 kV szaladvez : változóképpen földelt (kompenzált)

10 kV kábel : ellenálláson földelt ("rossz földelés")

0,4 kV : közvetlenül földelt, több helyen földelt nulla-vezető



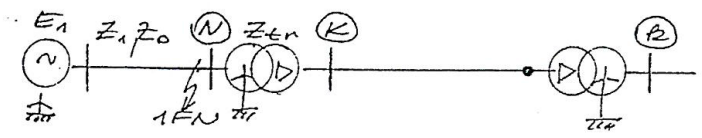
Az MK VÉL kábel-földelési gyakorlatának összefoglaló sémája

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

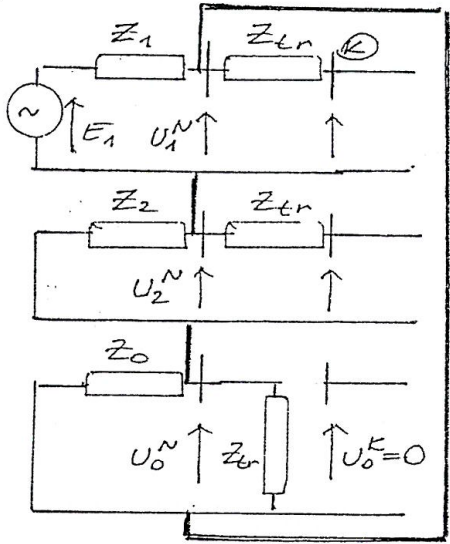
Az elvi rendszer: 120 kV-os forrás - szabadvezeték - földelt Yd kapcsolású, 120/KF transzformátor - KF vezeték - Dy (földelt) KF / 0.4 kV-os terheletlen transzformátor. A 120/KF tr. 120 kV-os kivezetésén 1FN rövidzárlat. A hibahelyre : $X1 = X2 = X0$ -eredő.

- a) egyvonalas séma a megadott rendszerhez
- b) szimm. összetevő modellek, az egyfázisú zárlat leképezésével
- 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)

Egyfázisú földrövidzárlat 120 kV-os szabadvezetékén



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



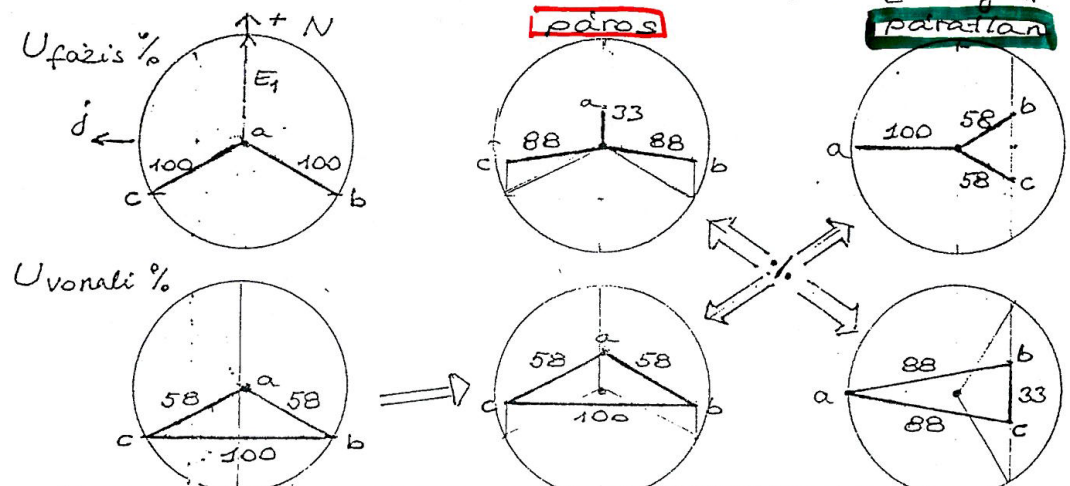
Legyen $Z = jX$ ($R \approx 0$)
 Továbbá legyen
 $X1 = X2 = X0 \parallel Xtr$
 Így:
 $U1^N = E1 - E1/3 = \frac{2}{3} E1$
 $U2^N = -E1/3$
 $U0^N = -E1/3$

$Ua^N = 0$
 $Ub^N = a^2 E1$; $Uc^N = a E1$
 $U0^P = 0$; $U0^{Pt} = 0$

páros "óra": $U1^P = U1^N = E1 - E1/3$ $U2^P = U2^N = -E1/3$
 páratlan: $U1^{Pt} = j U1^N = j E1 - j E1/3$ $U2^{Pt} = -j U2^N = +j E1/3$

páros "óra"
 $Ua^P = U1^P + U2^P = E1/3$
 $Ub^P = a^2 U1^P + a U2^P = a^2 E1 + E1/3$
 $Uc^P = a U1^P + a^2 U2^P = a E1 + E1/3$

páratlan "óra":
 $Ua^{Pt} = U1^{Pt} + U2^{Pt} = j E1$
 $Ub^{Pt} = a^2 U1^{Pt} + a U2^{Pt} = a^2 j E1 - \sqrt{3} E1/3$
 $Uc^{Pt} = a U1^{Pt} + a^2 U2^{Pt} = a j E1 + \sqrt{3} E1/3$



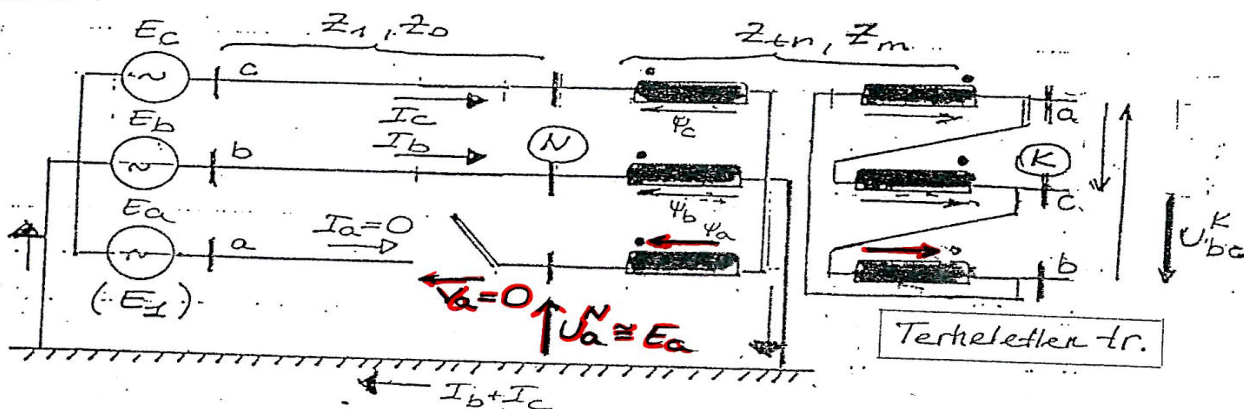
1 FN t_{rd} : 0,1 - 0,5 sec $U <$ relé: $U_{be} \approx 70\%$; kéreltetés kell!

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.

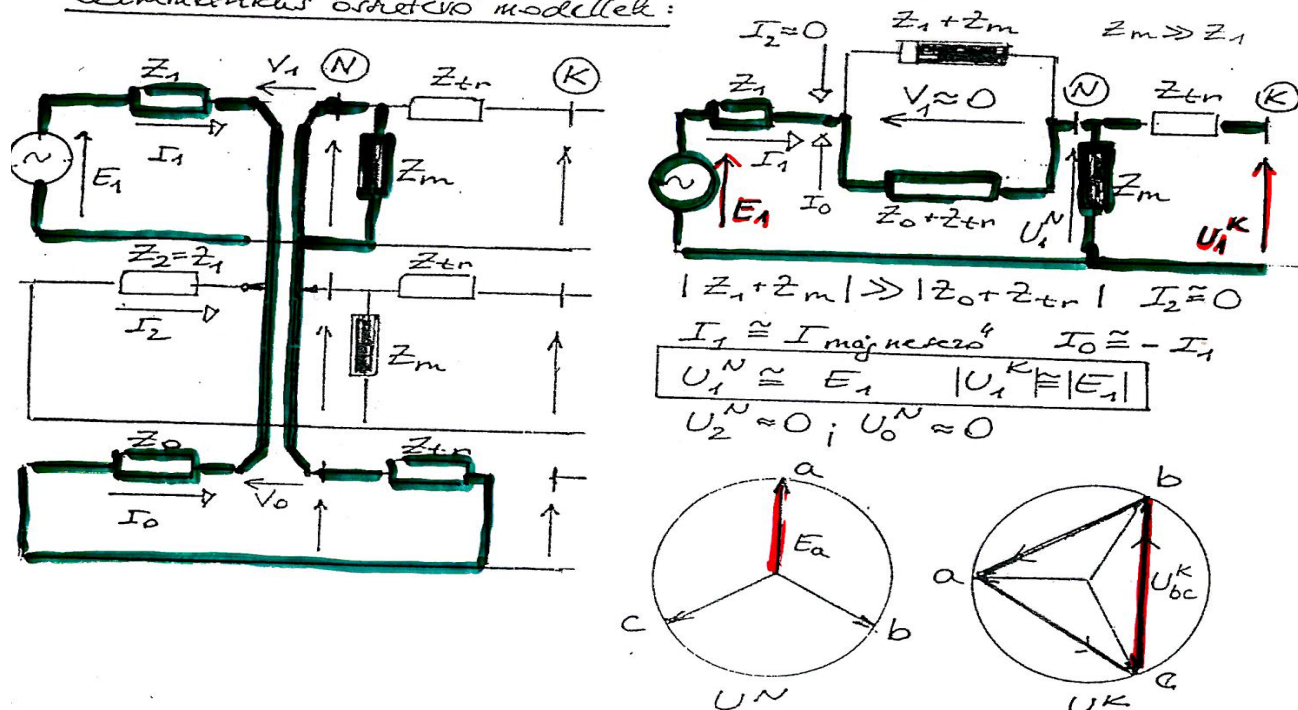
- háromfázisú áramköri kép
- szimm. összetevő modellek, az egyfázisú kikapcsolás leképezésével
- fázis és vonali feszültségek fazorábrája (v.e.-ben vagy %-ban) a transzformátor Y és d oldalán, fizikai megfontolásokkal indokolva, vagy a szimm. összetevő modellekre felírható összefüggésekből származtatva.
- az eredmények értékelése, hatások fogyasztókra

Egy fázisú kikapcsolása 120 kV-os vezetéken



Fizikai kép: A tr. a b és c fázisban mágnesező áramot vezet fel, a Δ oldalon a c-b tekercsre kegyveszélyű áramot 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:



$$|Z_1 + Z_m| \gg |Z_0 + Z_{tr}| \quad I_2 \approx 0$$

$$I_1 \approx I_{\text{mágnesező}} \quad I_0 \approx -I_1$$

$$U_1^N \approx E_1 \quad |U_1^K| \approx |E_1|$$

$$U_2^N \approx 0; \quad U_0^N \approx 0$$

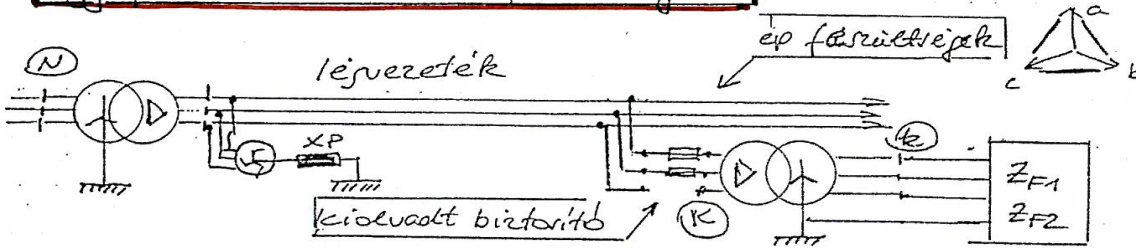
EP vonali és fázisfeszültségek
35 (20, 10, 6) kV-on
és 0.4 kV-on

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).

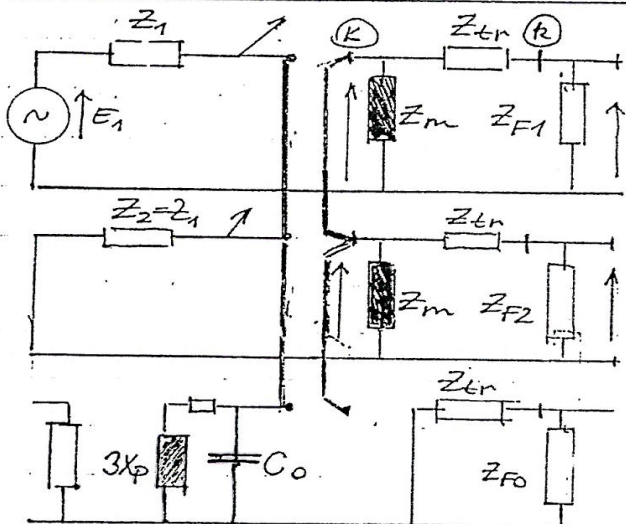
- a) háromfázisú áramköri kép
- b) szimm. összetevő modellek, az egyfázisú kikapcsolás leképezésével
- c) fázis és vonali feszültségek fazorábrája (v.e.-ben vagy %-ban) a transzformátor D és y oldalán, fizikai megfontolásokkal indokolva, vagy a szimm. összetevő modellekre felírható összefüggésekből származtatva.
- d) az eredmények értékelése, hatások fogyasztókra

Egy fázis kiesése középfeszültségen

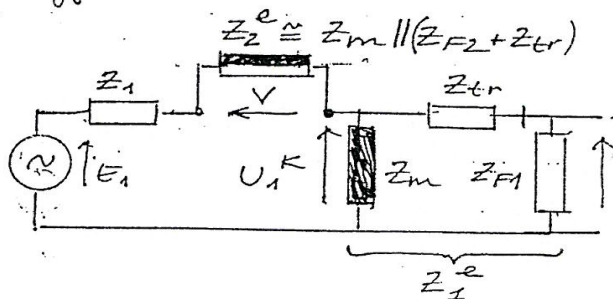


A K/k tr : Dy páratlan, legyen Dy3!

Szimmetrikus összetevő modellek



Egyszerűsítésként:



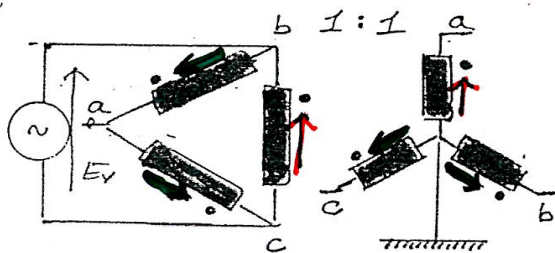
Ha $Z_{F2} \approx Z_{F1}$ akkor $Z_2^e \approx Z_1^e$

Igy: $V = U_1^K = E_1/2$ és $U_2^K = -V = -E_1/2$

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

$U_2^K = U_2^K \cdot e^{+j90^\circ} = -jE_1/2$

Háromfázisú fizikai kép (terheletlen transzformátor)

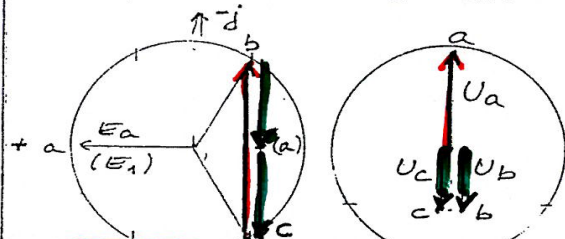


$E_v = E_b - E_c = \sqrt{3} E_{A1} \cdot e^{j90^\circ}$

$U_{bc}^\Delta = E_v$ $U_a^Y = U_{bc}^\Delta / \sqrt{3}$

$U_{ab}^\Delta = -E_v/2$ $U_b^Y = U_{ab}^\Delta / \sqrt{3}$

$U_{ca}^\Delta = -E_v/2$ $U_c^Y = U_{ca}^\Delta / \sqrt{3}$



$|U_{bc}^\Delta| \approx 100\%$ $|U_a^Y| \approx 100\%$
 $|U_{ab}^\Delta| = |U_{ca}^\Delta| \approx 50\%$ $|U_b^Y| = |U_c^Y| \approx 50\%$

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

18.1 Gyűjtősínek, kapcsolási képek.

Ismertetés:

a) A gyűjtősínek kialakításával szemben támasztott követelmények.

Ábra, értelmező magyarázat:

b) Egy leágazási mező primer berendezései.

c) Gyűjtősínek Egyszeres, kettős, segédsínes, poligon és másfél megszakító

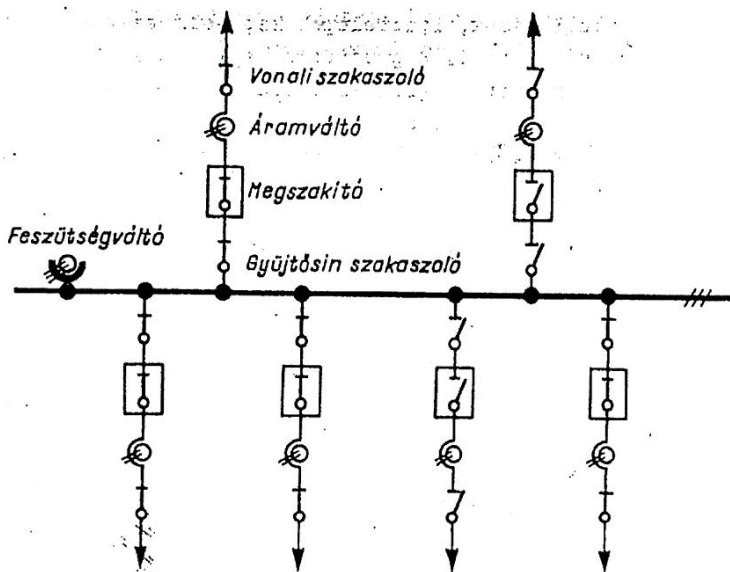
d) és összehasonlítás (előnyök, hátrányok).

Hálózati üzemvitel, gyűjtősínek, alállomások

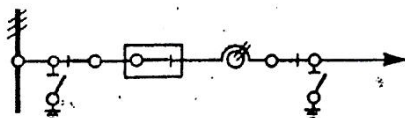
Követelmények, szempontok:

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

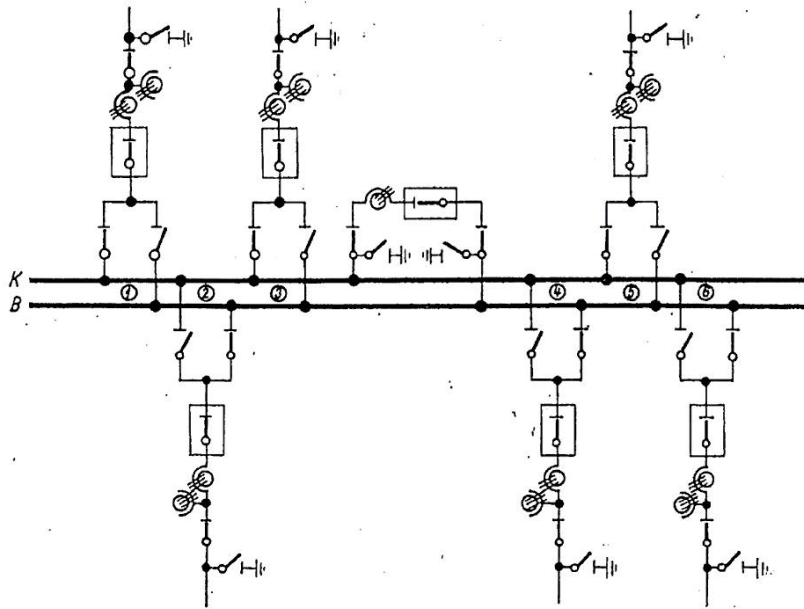
Gyűjtősínek



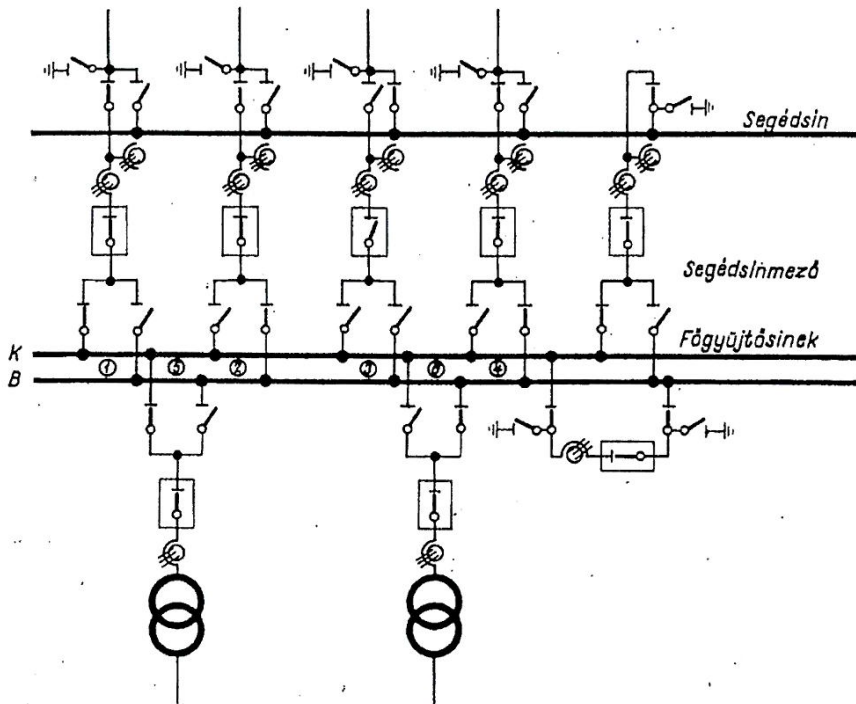
● *Egyszeres gyűjtősín*



● *Földelőképes gyűjtősín és vonali szakaszoló*

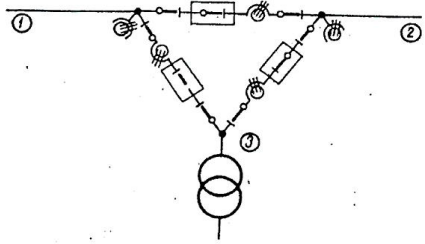


● Kettős gyűjtőfi

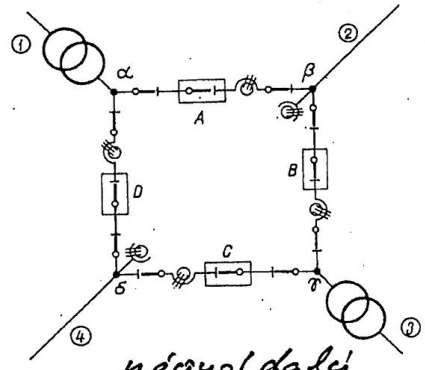


● Kettős gyűjtőfi segédsínnal

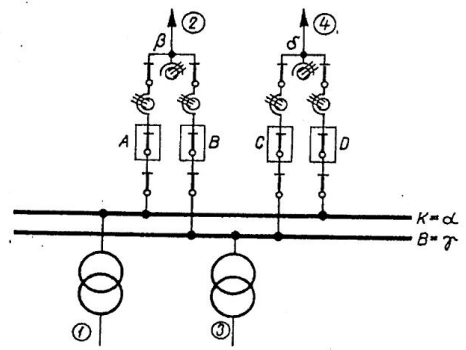
• Poligon kapcsolási gyűjtésűek



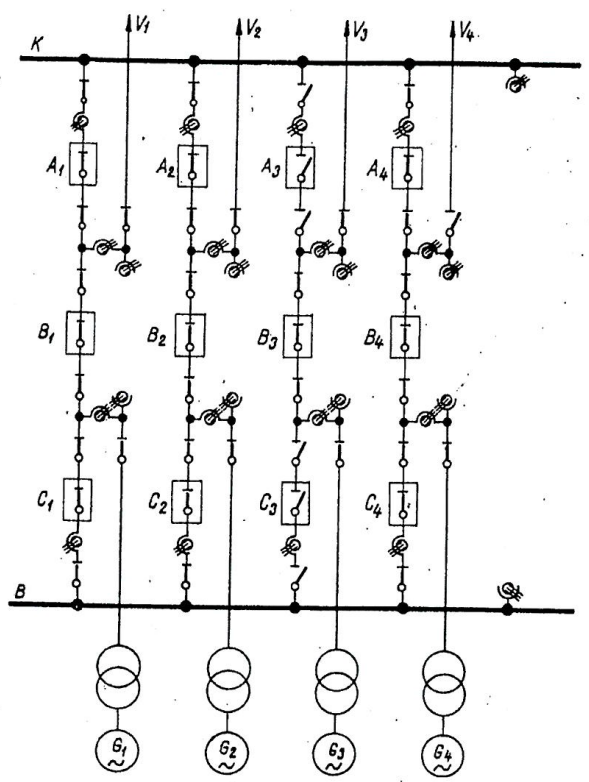
háromoldalú



négyoldalú



Módosított poligon, ill.



• Másfelmesztású gyűjtőrendszer

18.2 Transzformátor állomások, kapcsolási képek.

a) A gyűjtősínek kialakításával szemben támasztott követelmények.

Ábra, értelmezés:

b) Mindkét feszültség szinten kettős gyűjtősínes állomás.

c) Egyszerűsített állomásképek:

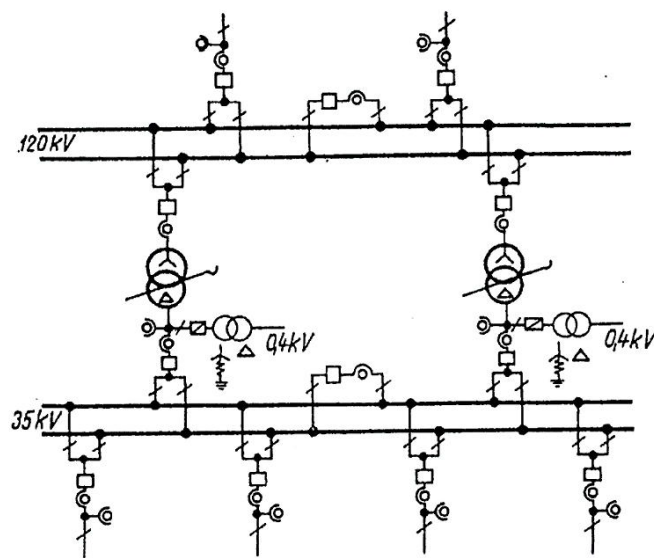
T leágazású állomás, PI állomás IP állomás

d) és összehasonlítás (előnyök, hátrányok).

Hálózati üzemvitel, gyűjtősínek, alállomások

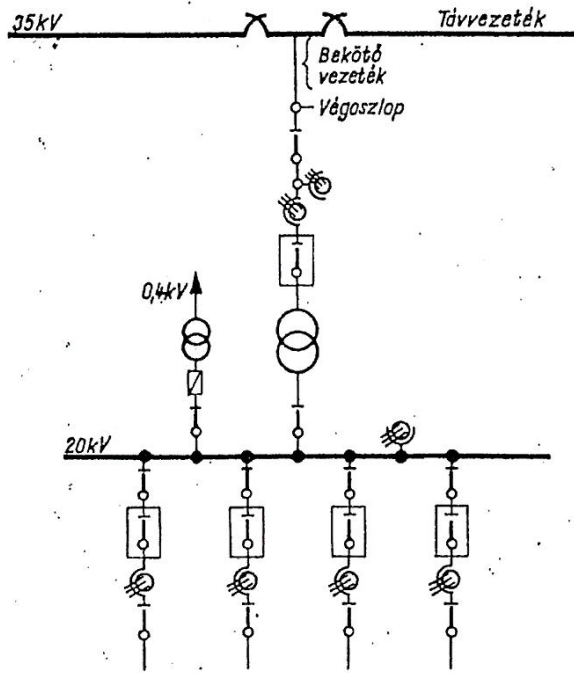
Követelmények, szempontok:

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

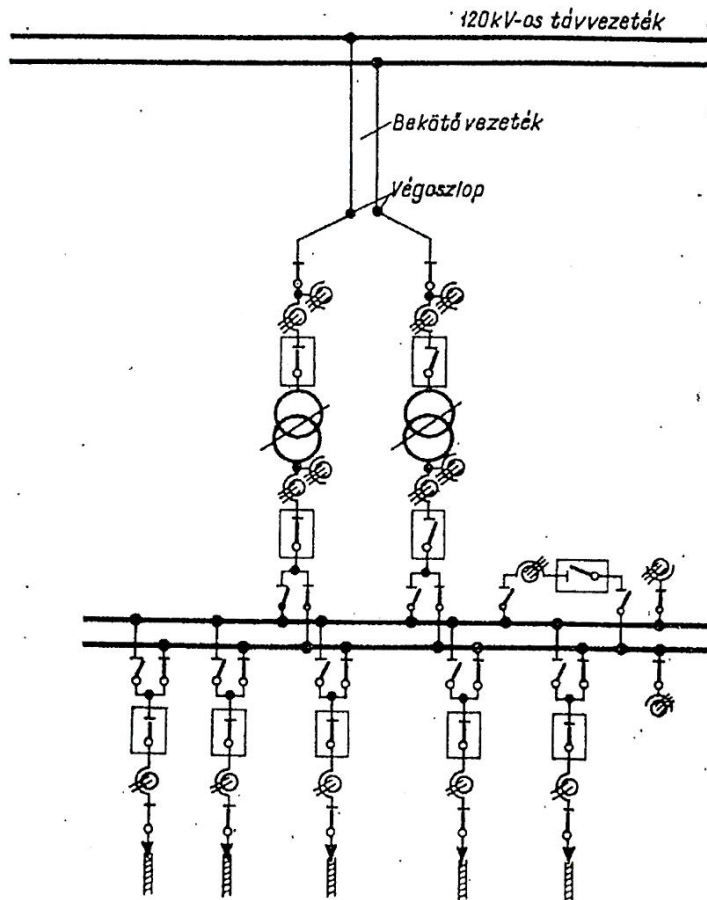


● Kettős gyűjtősínes transzformátor állomás

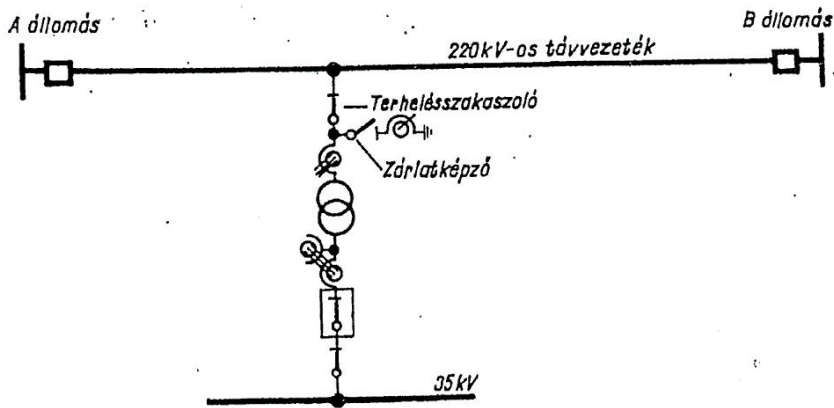
Egy rendszerű állomások



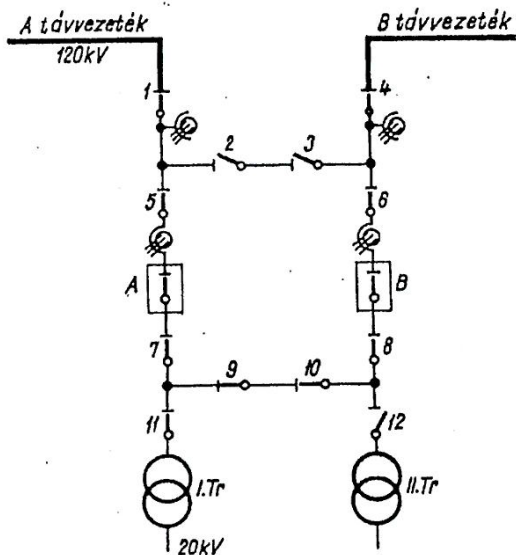
● T állomás



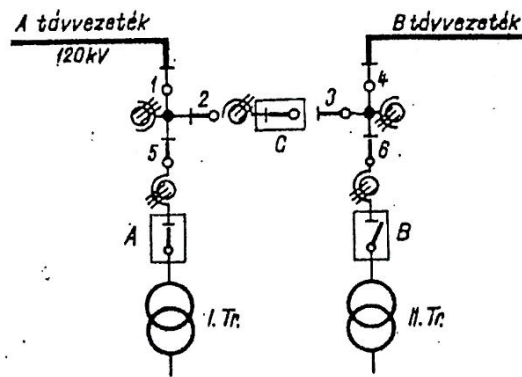
● Kettős T állomás



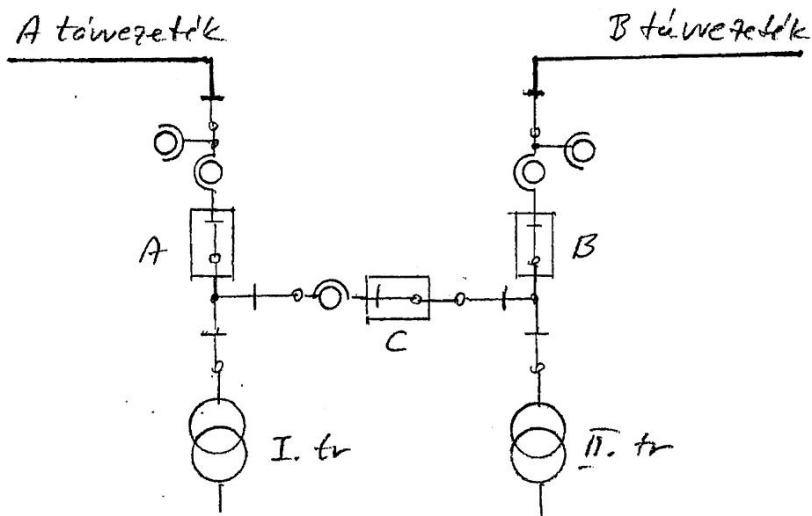
• T állomás megszakító nélkül



• T állomás



• II állomás



• IP állomás

19.1 A VER védelmeivel szemben támasztott követelmények, védelmi érzékelési elvek

Védelmekkel kapcsolatos alapfogalmak

Védelmek feladata:

A VER zavarmentes, folyamatos üzemének biztosítása, a hálózati elemek épségének megőrzése. [100 %-os folyamatosság nem követelhető meg, ehhez szünetmentes (UPS) energiaforrásokra van szükség].

A védelmek nem közvetlenül a hibákat, hanem a hibák miatti rendellenes üzemiállapot jellemzőit érzékelik. Fel kell ismerniük az előfordulható hibákat, be kell avatkozniuk a hiba elhárítása, a káros hatások minimalása érdekében.

Hibák következményei:

- túláramok (zárlat, túlterhelés)
- túlfeszültség, feszültségcsökkenés
- aszimmetriák
- alacsony / magas frekvencia

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 üzemiállapotok 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. Üzembiztoság:

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.

Érzékelési elvek:

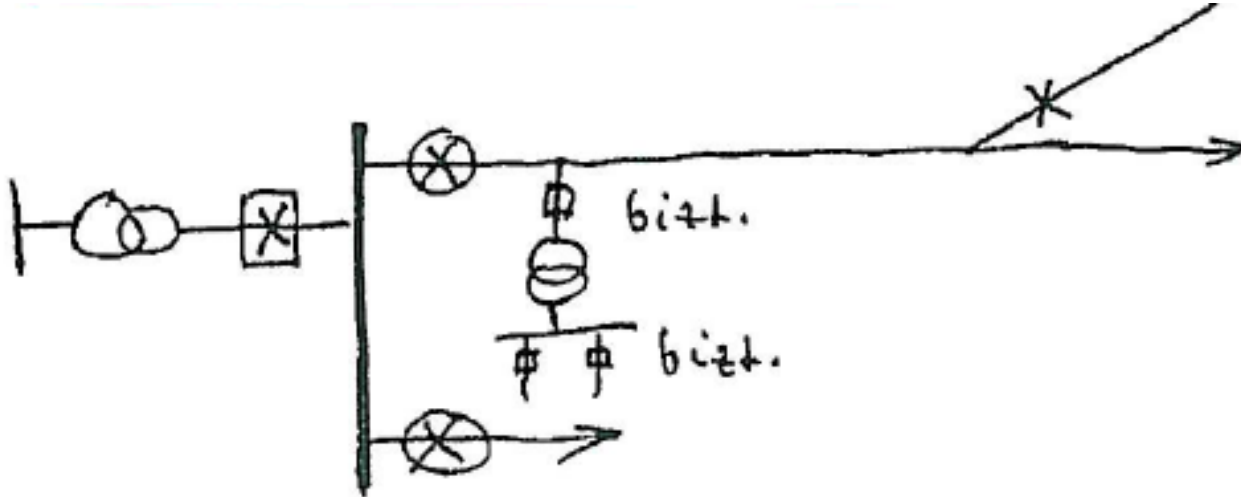
- Áramérezékelésű (túláram, túlterhelés) védelem
- Áramkülönbözeti elvű (differenciál, szakasz) védelem
- Impedancia érzékelésű (távolsági, impedancia-csökkenési) védelem
- Feszültség csökkenési / növekedési védelem
- Frekvencia csökkenési / növekedési védelem
- Logikai különözeti védelem (gyűjtősinek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

20.1 Késleltetett és gyors fokozatú (kétlépcsős) túláramvédelem

Értelmezés, kifejtés ábrákkal, képletekkel:

a) a védelem alkalmazási területe

Szokásos kialakítások:



X a négyzetben: Tápponti védelem

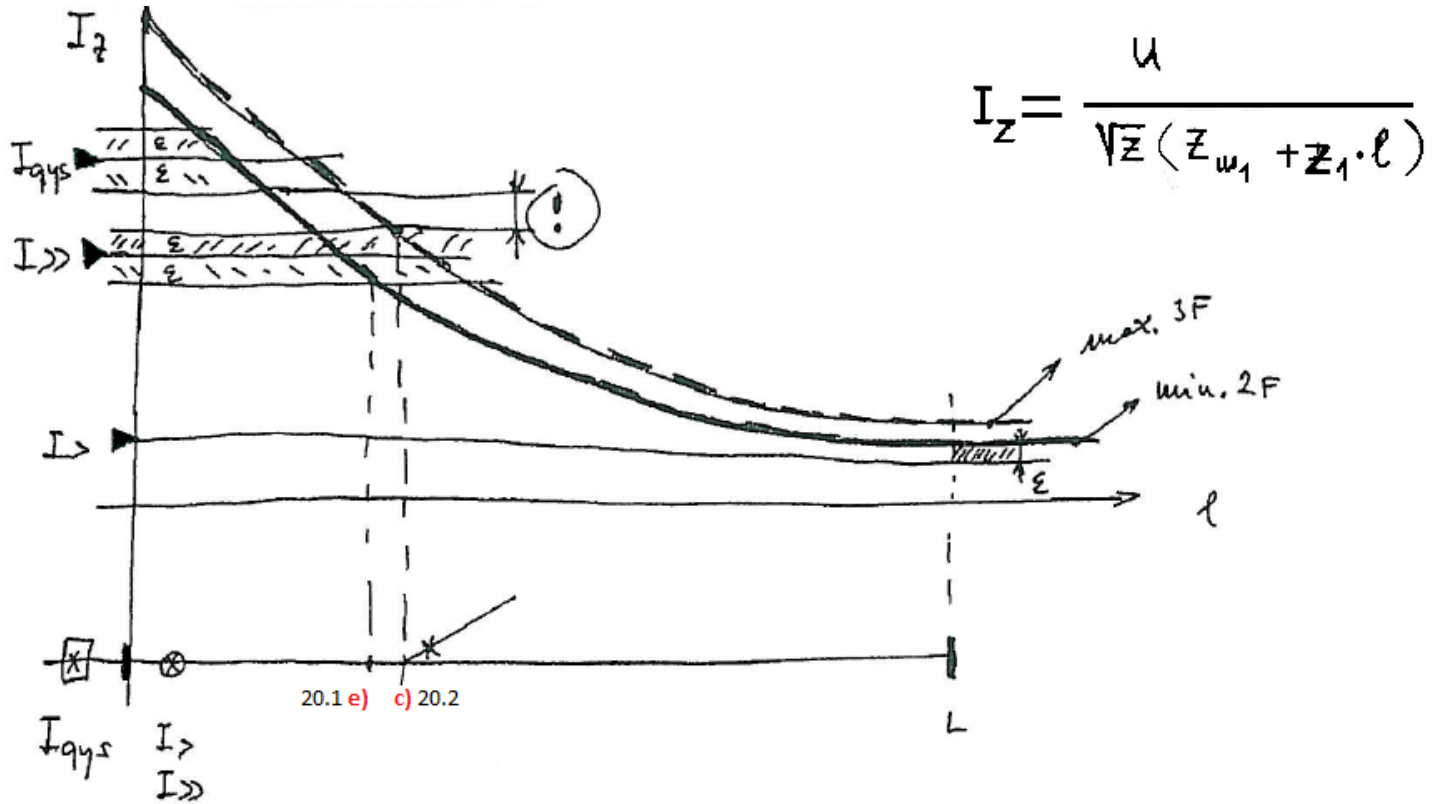
X a karikában: Háromfázisú hajtású megszakítók, tápvonal visszakapcsoló automatika

X: Önálló védelemmel ellátott, leválasztható szárnyvezeték, nincs visszakapcsolás

KVA rendszere:

<p>QVA zárlat KI BE $t_{holdidő}$ 0,3 1,2 [sec]</p>	<p>LVA zárlat KI BE 15 60 [sec]</p>	<p>3F, 2F Zárlat esetén végleges kikapcsolás vagy tartós földzárlatos üzem</p>
--	---	--

b) zárlati áram függése a villamos távolságtól, hibafajától, a betáplálás mögöttes impedanciájától (zárlati áram – villamos távolság karakterisztika)



$I_{>}$: Teljes hosszra, végpontig (min. 2F zárlat)

$I_{>>}$: Leválasztható leágazásig (3F zárlat), de elejére is (2F zárlat)

I_{gys} : Gyűjtősínre (2F zárlat), de ne érjen túl a "visszahúzó" $I_{>>}$ -on (gyűjtősín tartomány védelem)

c) az alap- és tartalékvédelmi szerepkör bemutatása egyszerű példán
 Legegyszerűbb példa egy szabadvezeték védeleme. Sugaras vagy sugarasan üzemelő vezeték alap- ill. tartalékvédelmére a vezeték táppontjában. Ahogy a grafikon is mutatja, a leválasztó vezetéken előbb fog leoldani a tartalék védelem, így nem kell az egész vezetékot lekapcsolni, hanem csak azt a részt, ahol a zárlat keletkezett. (I >>)

Alapvédelemként: R-T fázisban

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

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

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.

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 holtív van.

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



Késleltetés nélküli fáziszárlati túláramvédelmet kell alkalmazni minden olyan táppontból kiinduló vezeték védelmére, mely késleltetett fáziszárlati túláramvédelemmel vagy irányított fáziszárlati túláramvédelemmel, mint alapvédelemmel, van védve, és ahol

(2.2.)

- a) - a táppontban a gyűjtősinét 120 kV vagy 35 kV primer feszültségű transzformátor táplálja, vagy
- b) - a táppontban gyűjtősinvédelem céljára egy szelektív időlépcső késleltetésű fáziszárlati túláramvédelem vagy impedanciacsökkenési védelem van, vagy
- c) - a késleltetett vagy az irányított fáziszárlati túláramvédelem a vezetékot zárlati termikus igénybevételre nem védi (lásd 2.1.1.5. szakaszt).

d) a védelem gyors- és késleltetett fokozatának beállítási feltételei

Késleltetés nélküli védelem feltételei a c) részben van. A késleltetés feltételei:

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.

e) kétlépcsős túláramvédelem gyors fokozata beállítási áramának bejelölése a zárlati áram – villamos távolság karakterisztikán - Lásd. b)

20.2 Késleltetett és gyors fokozatú (kétlépcsős) túláramvédelem

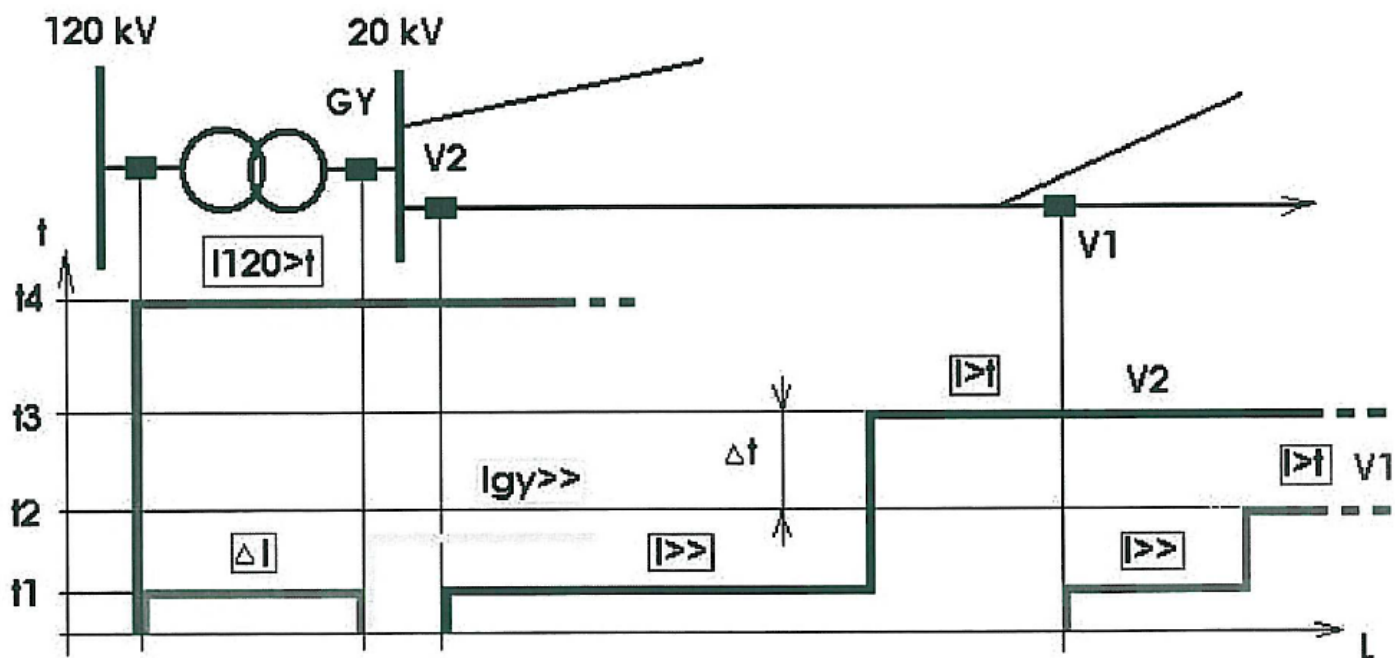
Értelmezés, kifejtés ábrákkal, képletekkel:

a) lásd. 20.1 a)

b) lásd. 20.1 b)

c) kétlépcsős túláramvédelem késleltetett fokozata beállítási áramának bejelölése a zárlati áram – villamos távolság karakterisztikán -> lásd. 20.1 a)

d) a védelem villamos távolság – idő működési karakterisztikája



■ leválasztás, védelem

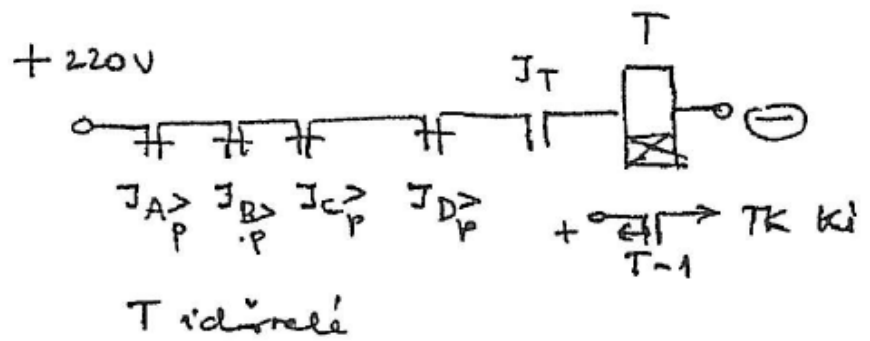
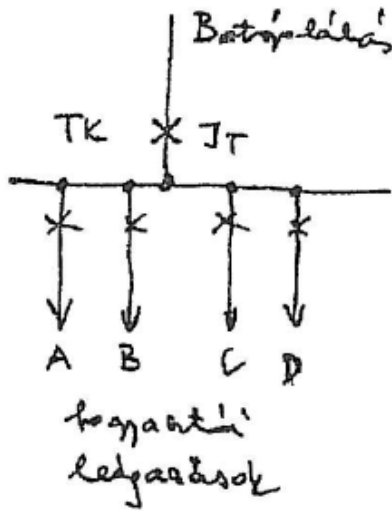
t1 önidő

e) gyűjtősín védelme túláram érzékeléssel és logikai úton

Valamennyi leágazás védelmének pillanatműködésű érintkezőiből kialakított kiválasztóképes kapcsolású zárvédelmet (a továbbiakban: logikai különbözeti védelem) kell kialakítani, ha ennek kiválasztóképesége a főáramköri kapcsoló elemek (pl. megszakító, szakaszoló) segédérintkezőinek felhasználása nélkül biztosítható.

A betápláló leágazásról készített védelmesínen pillanatműködésű érintkezőt kell bevonni.

(Fémtokozott cellás esetek, ha ez nem valószínűsíthető meg → önálló qym.w. véd. kell!)



21.1 Késleltetett és gyors fokozatú (kétlépcsős) túláramvédelem beállítás-számítása

Egy 120 kV/KÖF transzformátor által táplált állomásból induló KÖF leágazás a V1 védelemmel van védve. A transzformátor KÖF oldalán a V0 védelem van beépítve. A leágazásra az S ponton önálló védelemmel ellátott leágazás (szárnyvezeték) kapcsolódik. A leágazás elején, mentén és végén KÖF / 0.4 kV-os transzformátorok üzemelnek.

a)-b) a V1 védelem gyors és késleltetett fokozatának, továbbá a V0 védelem gyorsabban működő (gyűjtősín védelmi funkciójú) fokozatának beállítási áramát.

c) Adja meg az egyes fokozatok működési idejét.

d) Rajzolja fel a hálózat zárlati áram-villamos távolság karakterisztikáját, jelölje be a V1 és V0 védelmek számított beállításait.

e) Rajzolja meg a számított védelmi rendszer villamos távolság – működési idő karakterisztikáját.