Védelmi és
Irányítástechnikai
Fórum
2018.

Közismert védelmi funkciók kevésbé ismert működése /1

Dr. Petri Kornél

Távolsági védelem

Távvezetékek, kábelek alapvédelme

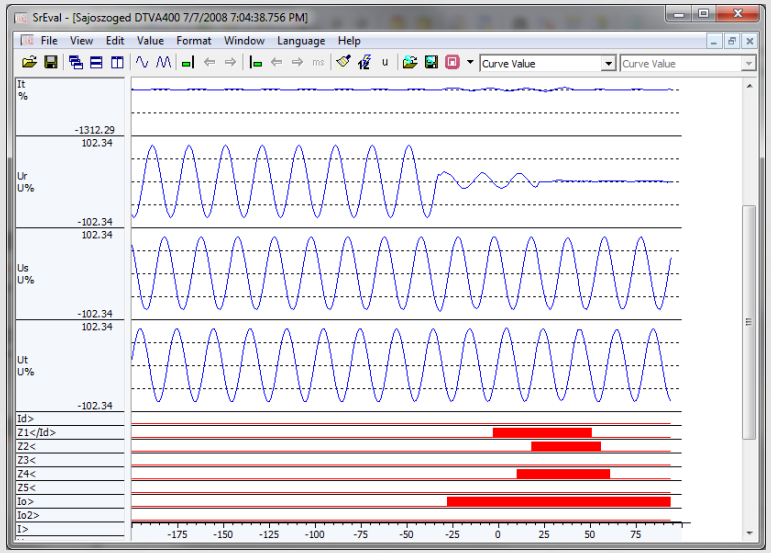
$$\frac{U}{I} = Z = z * l$$

Távolsági védelem

$$\frac{U}{I} = Z = z * l$$

Háromfázisú, alapvetően szinuszos rendszerben mi az U és I ?

Elemezzünk egy zavaríró regisztrátumot ! (*FN fault.cfg*)



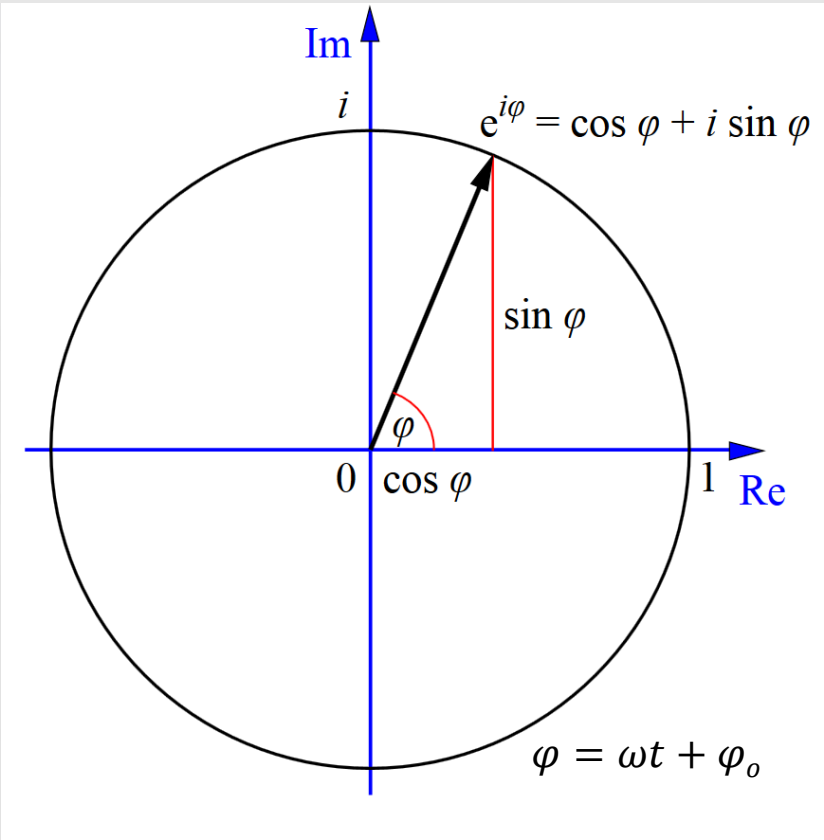
Az alapvető módszer a vektorszámítás.

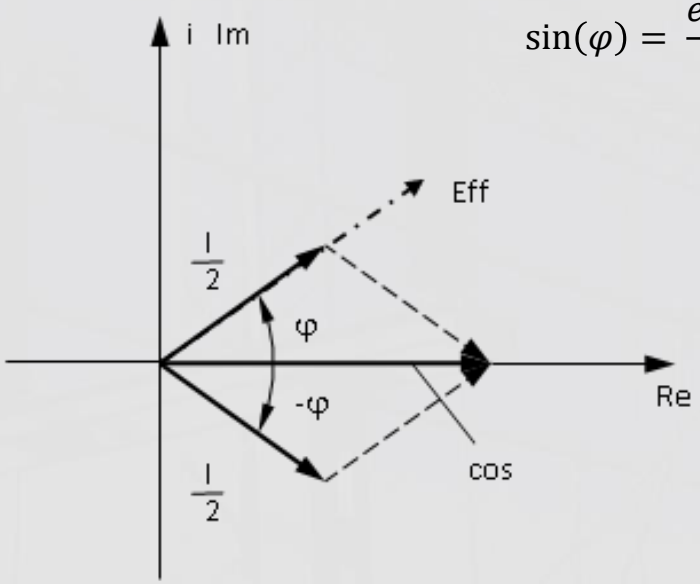
Vektorok (fazorok) és a szinuszos (koszinuszos) időfüggvények

Euler képlet:

$$\cos(\varphi) = \frac{e^{i\varphi} + e^{-i\varphi}}{2}$$

$$\sin(\varphi) = \frac{e^{i\varphi} - e^{-i\varphi}}{2i}$$





Két, ellentétesen forgó komplex vektor
Elég az egyiket követni
Ennek hossza legyen az effektív érték

Távolsági védelem

Zárlatfajták érzékelése

6 hurok
2 egyenlet típus:

$$Z_{BC} = \frac{U_B - U_C}{I_B - I_C}$$

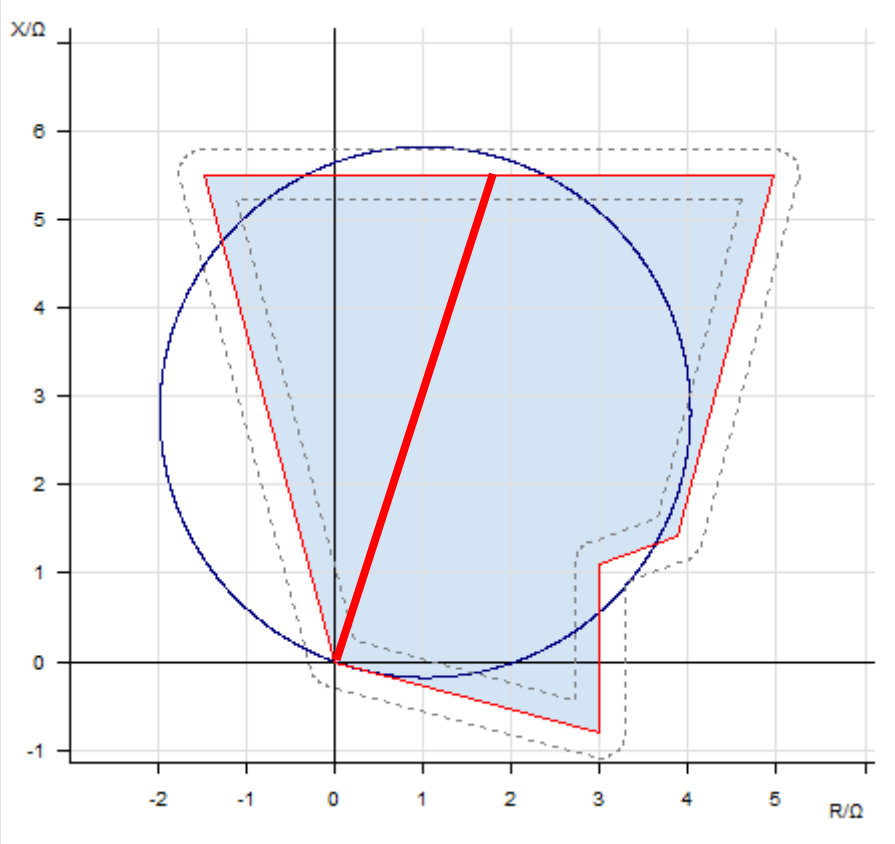
$$Z_A = \frac{U_A}{I_A + 3I_o\alpha}$$

Eredmény:
A pozitív sorrendű impedancia

Zárlatfajta	Z
3F(N)	$Z_{BC} = \frac{U_B - U_C}{I_B - I_C}$
2F AB	$Z_{AB} = \frac{U_A - U_B}{I_A - I_B}$
2F BC	$Z_{BC} = \frac{U_B - U_C}{I_B - I_C}$
2F CA	$Z_{CA} = \frac{U_C - U_A}{I_C - I_A}$
2FN AB	$Z_{AB} = \frac{U_A - U_B}{I_A - I_B}$
2FN BC	$Z_{BC} = \frac{U_B - U_C}{I_B - I_C}$
2FN CA	$Z_{CA} = \frac{U_C - U_A}{I_C - I_A}$
FN A	$Z_A = \frac{U_A}{I_A + 3I_o\alpha}$
FN B	$Z_B = \frac{U_B}{I_B + 3I_o\alpha}$
FN C	$Z_C = \frac{U_C}{I_C + 3I_o\alpha}$

Távolsági védelem

Karakterisztikák

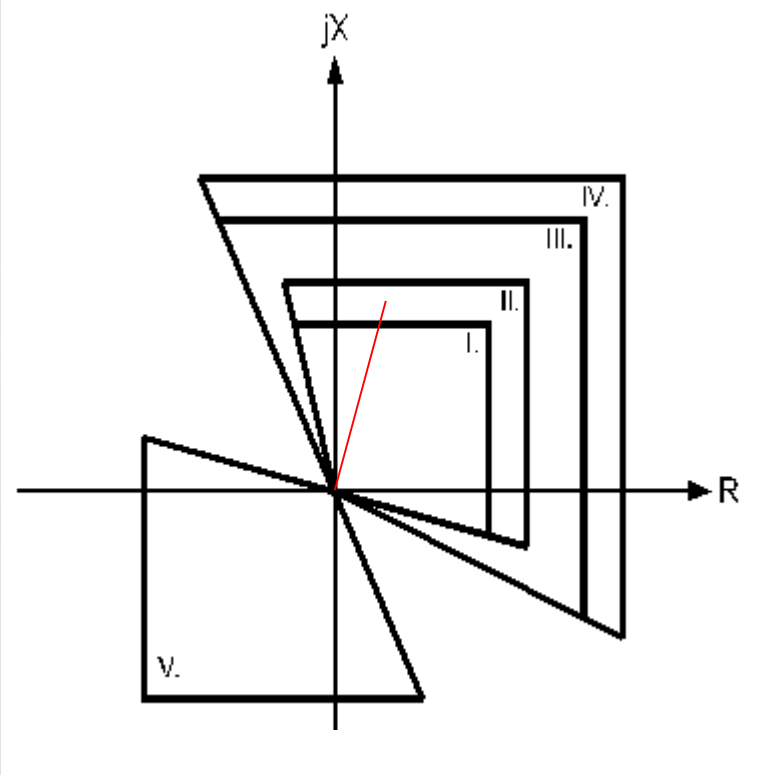


MHO

Poligon

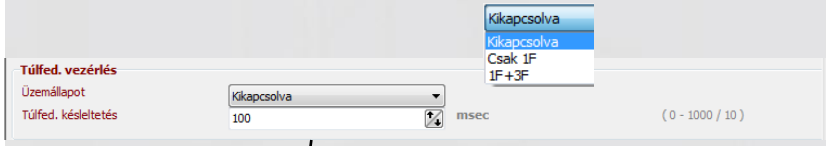
…..

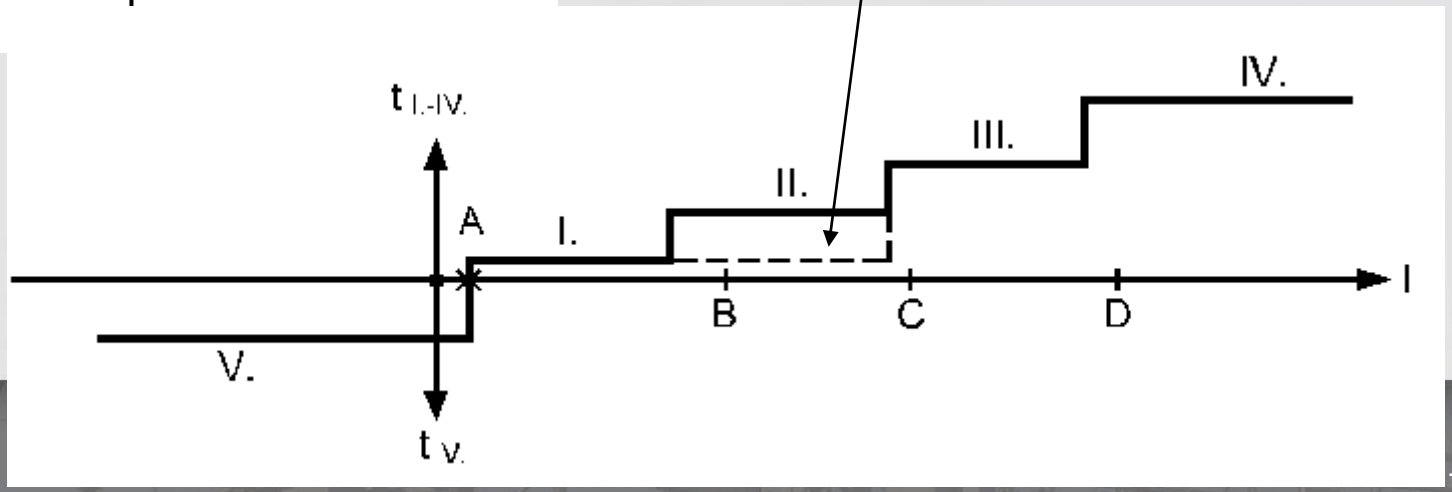
Távolsági védelem



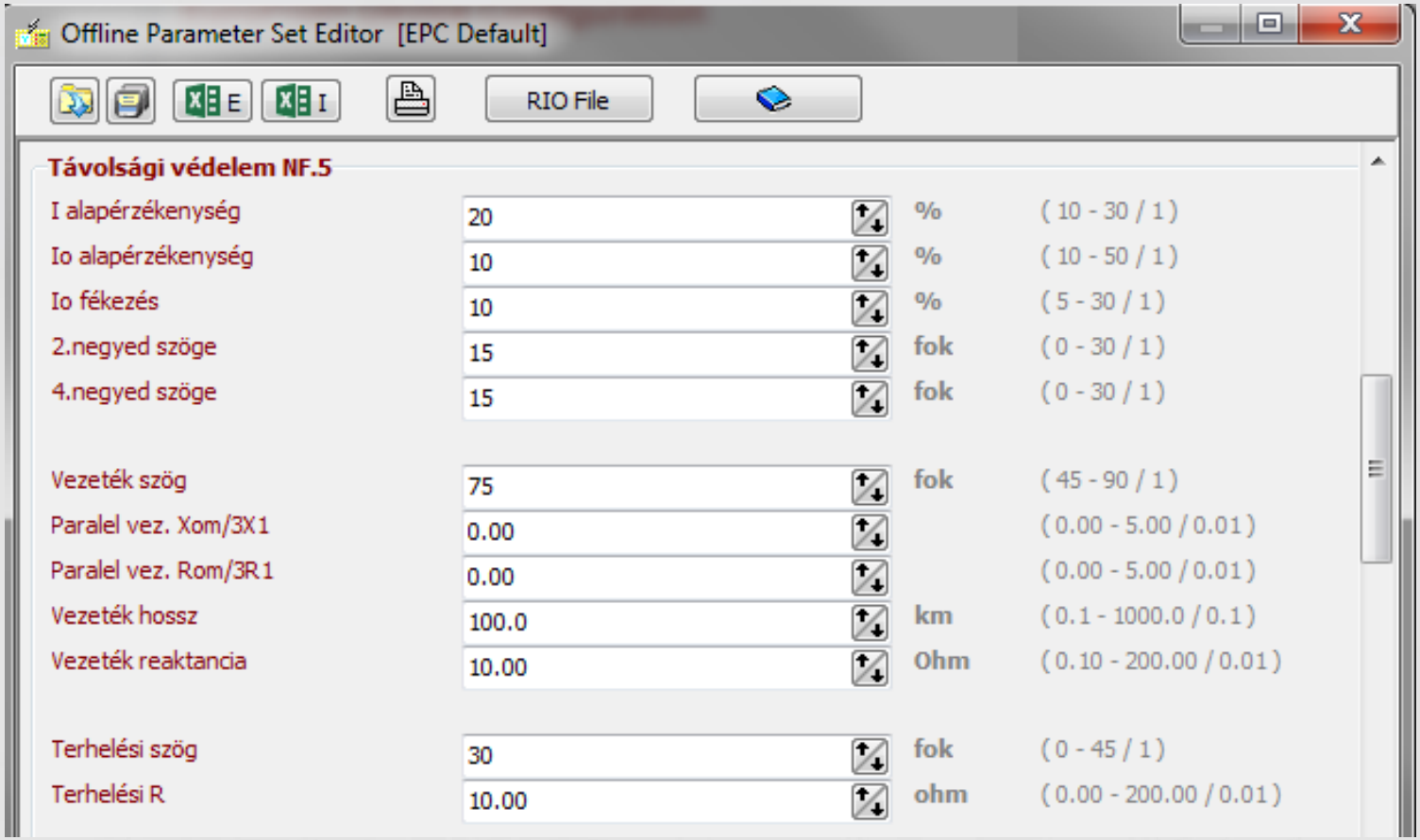
Fokozatok

„Túlfedés vezérlés”

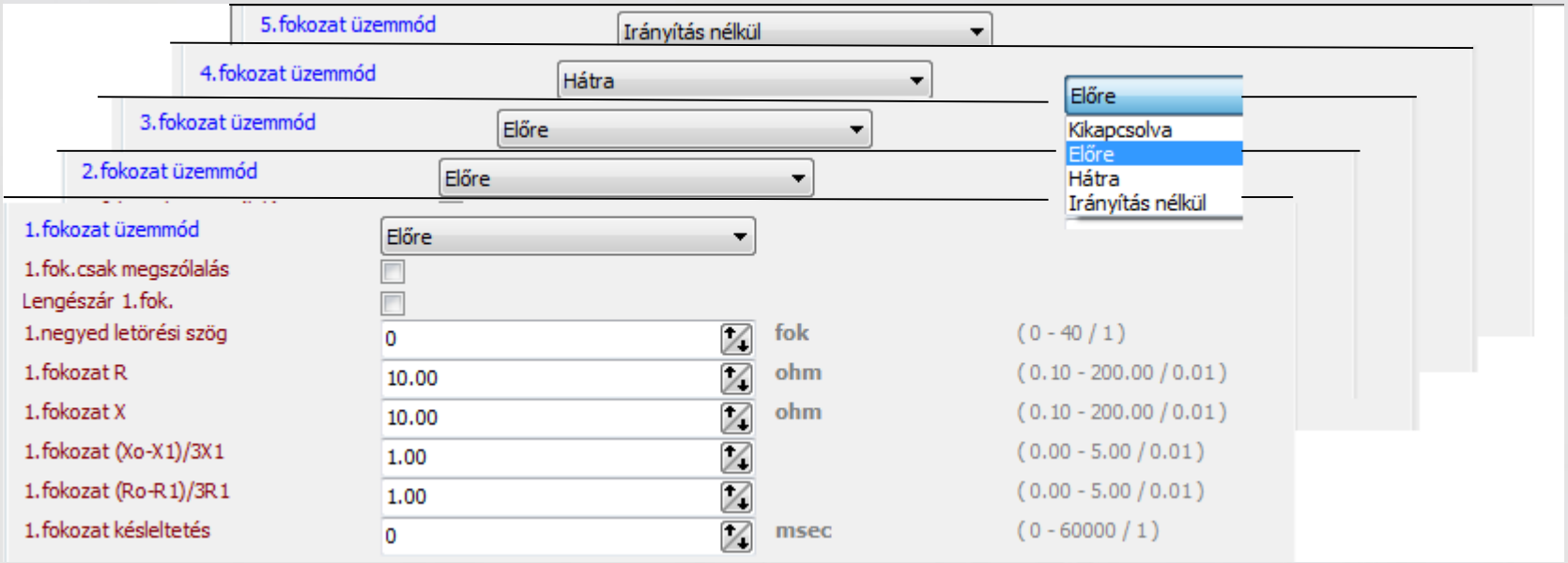




A fokozatok közös paraméterei



A fokozatok paraméterei



Egyes fokozatok paraméterei szűkebbek:

- Az első fokozat nem lehet irányítás nélkül
- Letörés csak az első fokozatnál
- A második fokozat Alfa paraméterei az első fokozattal közösek

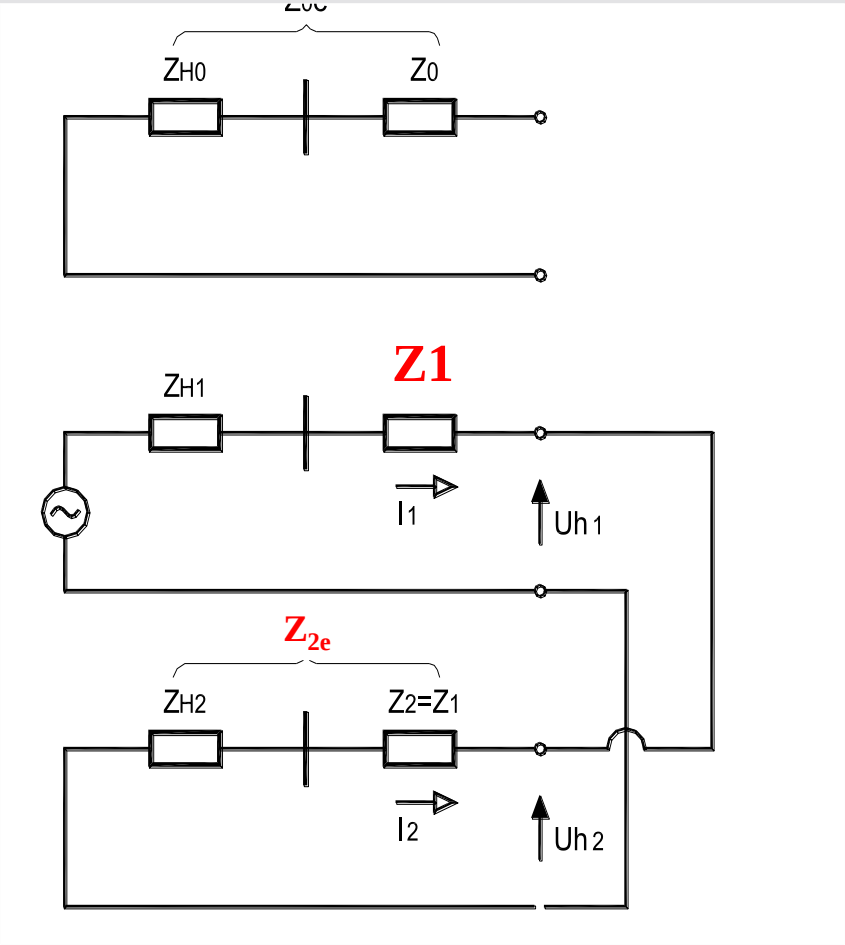
Távolsági védelem

Példa: 2F zárlat,
a számítás eredménye
a vonali hurkokra:

$$Z_{BC} = \frac{U_B - U_C}{I_B - I_C} = Z_1$$

$$Z_{CA} = \frac{U_C - U_A}{I_C - I_A} = Z_1 + j\sqrt{3}Z_{2e}$$

$$Z_{AB} = \frac{U_A - U_B}{I_A - I_B} = Z_1 - j\sqrt{3}Z_{2e}$$



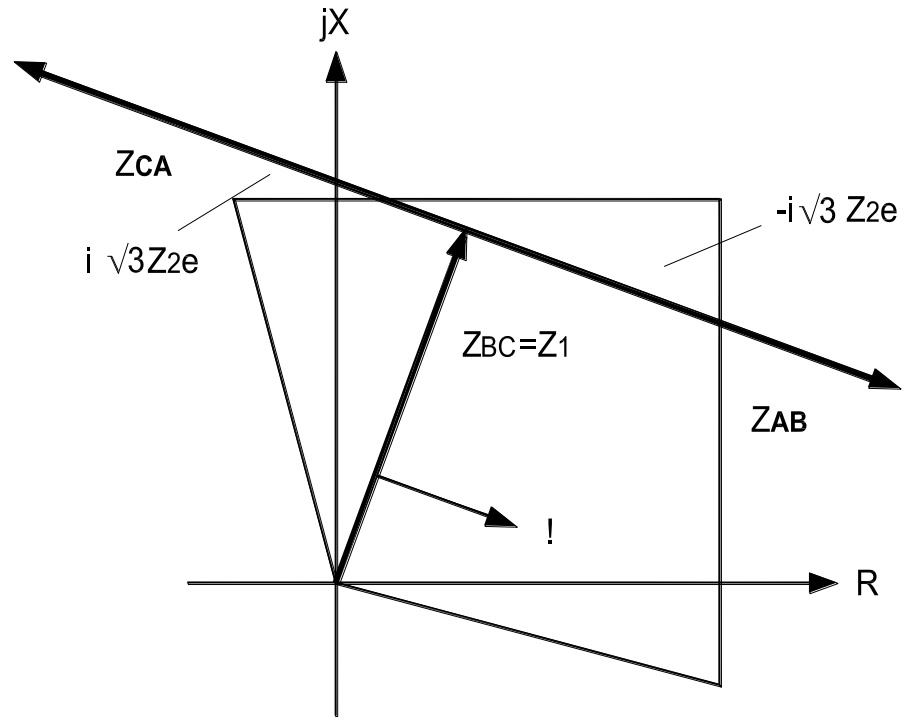
Távolsági védelem

Példa: 2F zárlat
A számítás eredménye az impedancia síkon a vonali hurkok mérése:

$$Z_{BC} = \frac{U_B - U_C}{I_B - I_C} = Z_1$$

$$Z_{CA} = \frac{U_C - U_A}{I_C - I_A} = Z_1 + j\sqrt{3}Z_{2e}$$

$$Z_{AB} = \frac{U_A - U_B}{I_A - I_B} = Z_1 - j\sqrt{3}Z_{2e}$$

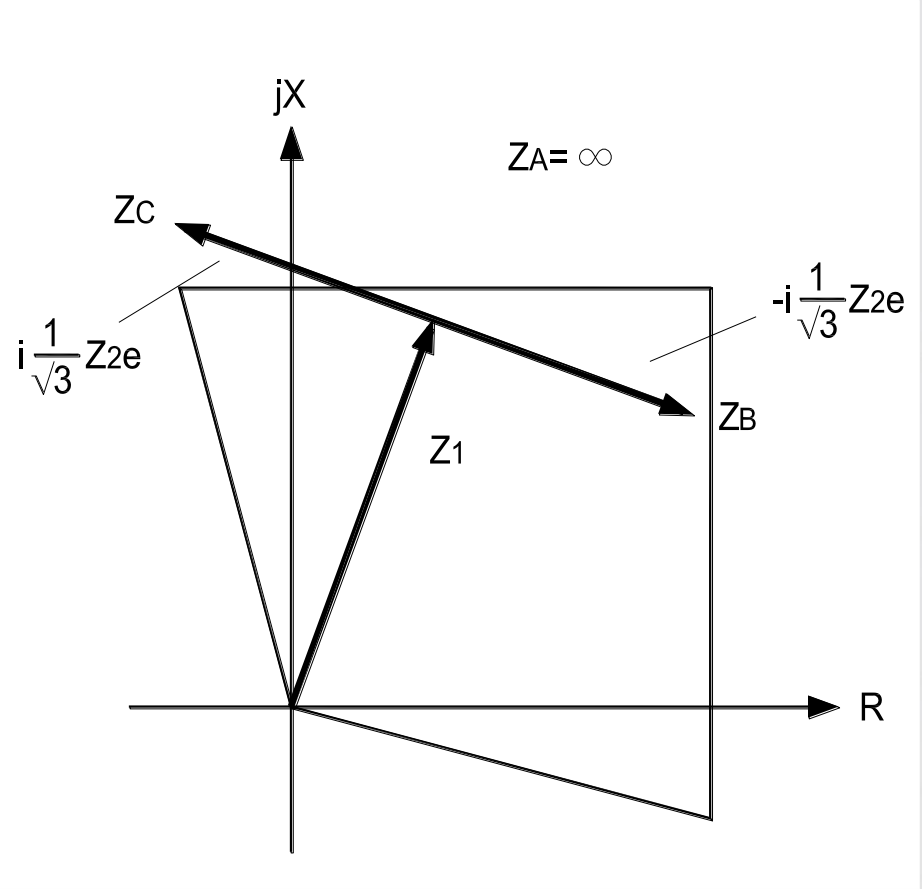


Példa: 2F zárlat
A számítás eredménye az impedancia síkon a fázis-föld hurkok mérése:

$$Z_A = \frac{U_A}{I_A + 3I_o\alpha} = \infty$$

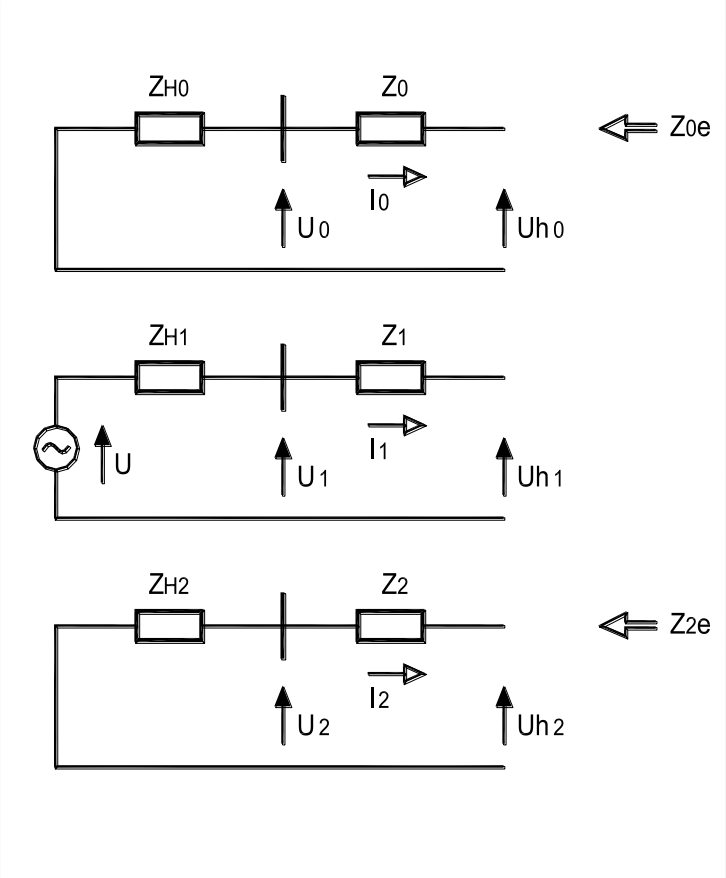
$$Z_B = \frac{U_B}{I_B + 3I_o\alpha} = Z_1 - j\frac{1}{\sqrt{3}}Z_{2e}$$

$$Z_C = \frac{U_C}{I_C + 3I_o\alpha} = Z_1 + j\frac{1}{\sqrt{3}}Z_{2e}$$



Távolsági védelem

Az „α” tényező magyarázata



A felírható egyenletek:

$$U_{ho} = U_o - I_o Z_o$$

$$U_{h1} = U_1 - I_1 Z_1$$

$$U_{h2} = U_2 - I_2 Z_1$$

FN zárlatkor a hibahelyen:

$$U_{h1} + U_{h2} + U_{ho} = 0$$

Behelyettesítve:

$$U_o + U_1 + U_2 = I_o Z_o + I_1 Z_1 + I_2 Z_1$$

Ebből a védelem helyén:

$$U_A = I_o Z_o \underbrace{- I_o Z_1 + I_o Z_1}_{} + I_1 Z_1 + I_2 Z_1$$

Távolsági védelem

$$U_A = I_o Z_o - I_o Z_1 + I_o Z_1 + I_1 Z_1 + I_2 Z_1$$

Z_1 **kiemelve:**

$$U_A = Z_1 \left(\underbrace{\frac{I_o Z_o - I_o Z_1}{Z_1}} + \underbrace{I_o + I_1 + I_2} \right)$$

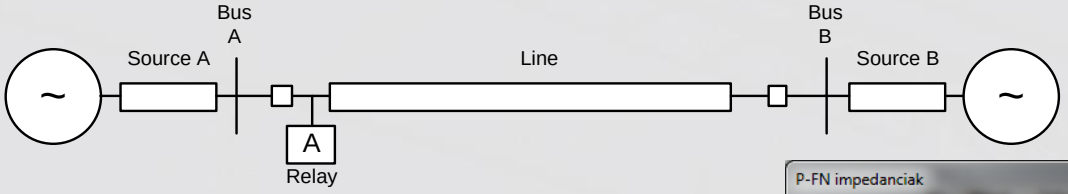
Az eredmény:

$$Z_A = \frac{U_A}{I_A + 3 I_o \alpha} = Z_1 \qquad \alpha = \frac{Z_o - Z_1}{3 Z_1}$$

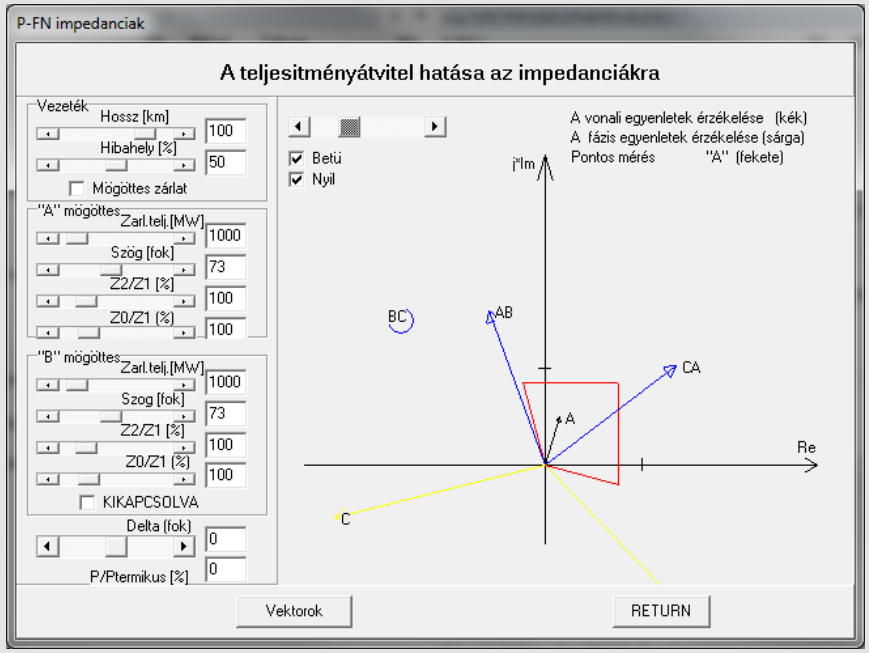
A komplex α kompenzálja a pozitív <> zérus sorrend eltérését.
Helytelen megadása megváltoztatja a számított impedancia vektort.

Távolsági védelem

Folyamatos mérés 6 hurokban, összevetés a fokozatok működési karakterisztikáival.



Lásd a DEMO programot!
(TAVVED/ALAP)



A „kioldó logika” végzi a kiválasztást és a késleltetést.

Távolsági védelem

A Fourier algoritmus alkalmazása: feltétel a periodikus jel

$$i(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty}\left[A_n \cos(n\omega_1 t) + B_n \sin(n\omega_1 t)\right] =$$

A Fourier együtthatók:

$$A_n = \frac{2}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} i(t)\cos(n\omega_1 t)dt$$

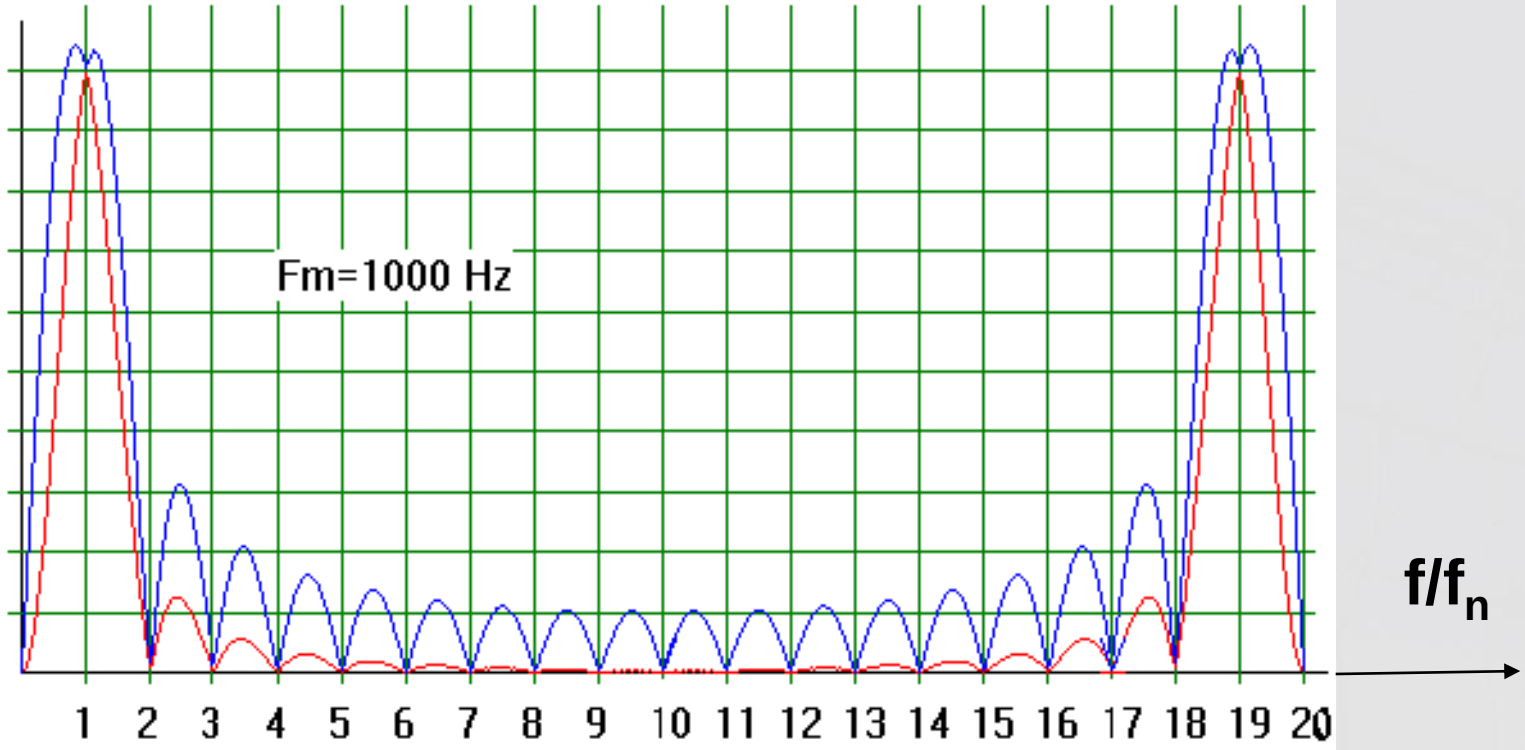
$$B_n = \frac{2}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} i(t)\sin(n\omega_1 t)dt$$

A Fourier együtthatók számítása:

$$A_1 = \frac{2}{N}\sum_{k=0}^{N-1}\left[i_k \cos\left(\omega_1\left(t_0 + k\frac{T}{N}\right)\right)\right] = \sum_{k=0}^{N-1}\left[i_k a_k\right]$$

$$B_1 = \frac{2}{N}\sum_{k=0}^{N-1}\left[i_k \sin\left(\omega_1\left(t_0 + k\frac{T}{N}\right)\right)\right] = \sum_{k=0}^{N-1}\left[i_k b_k\right]$$

Az alapharmonikus Fourier szűrő frekvenciamenete

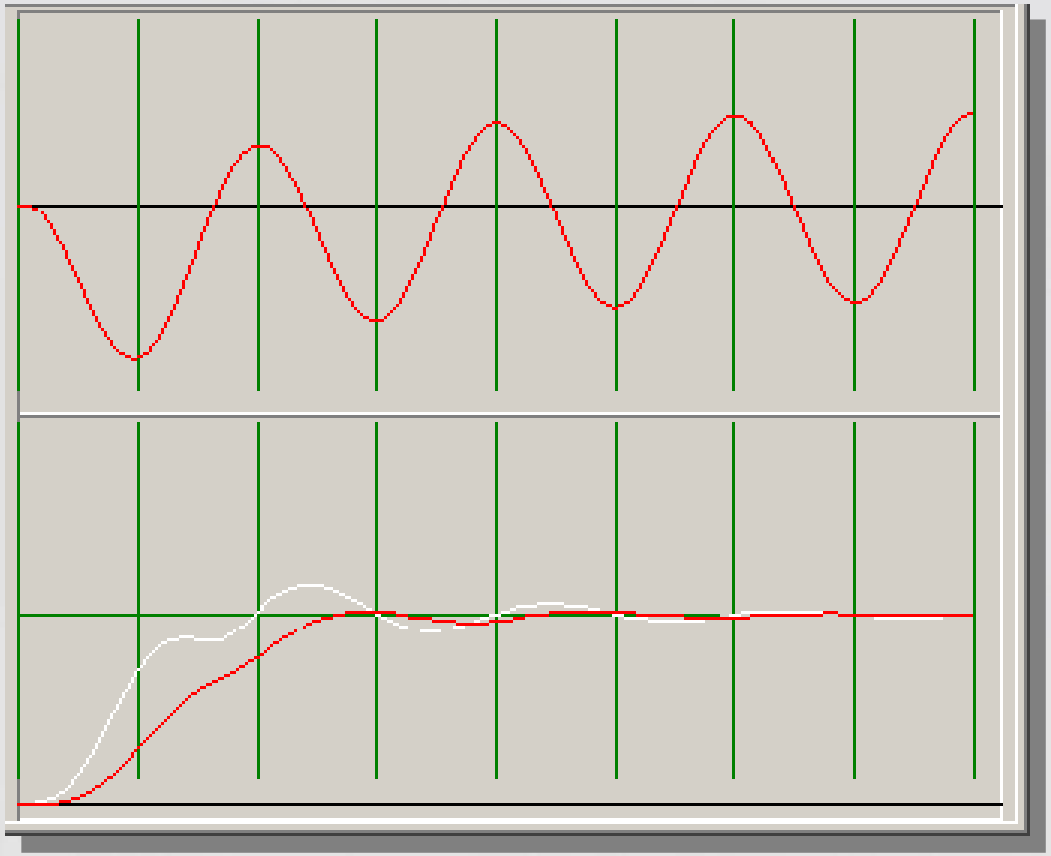


Távolsági védelem

A Fourier szűrő tranziensei

Bemenő áram

Számított Fourier vektor nagyság



Távolsági védelem

A feszültség Fourier vektora

$$U = A_u + jB_u$$

Az áram Fourier vektora

$$I = A_i + jB_i$$

Az impedancia

$$Z = R + jX = \frac{A_u + jB_u}{A_i + jB_i} = \frac{A_u A_i + B_u B_i}{A_i A_i + B_i B_i} + j\frac{A_i B_u - A_u B_i}{A_i A_i + B_i B_i}$$

Távolsági védelem

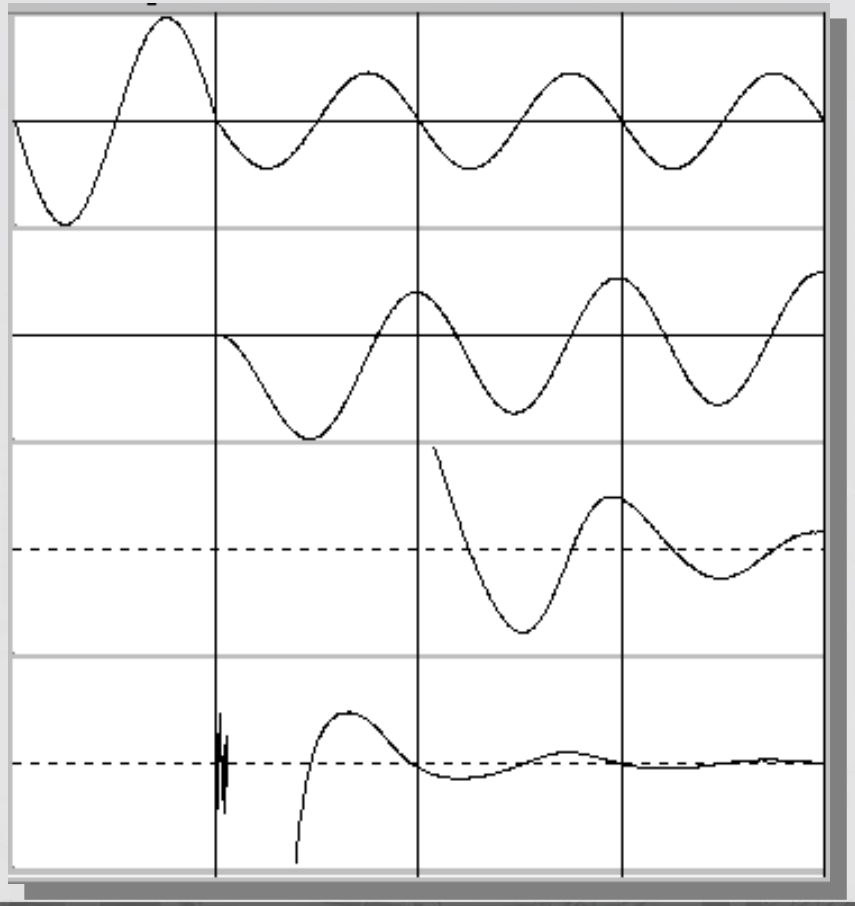
A Fourier módszer tranziensei

Feszültség

Áram

R/R_z

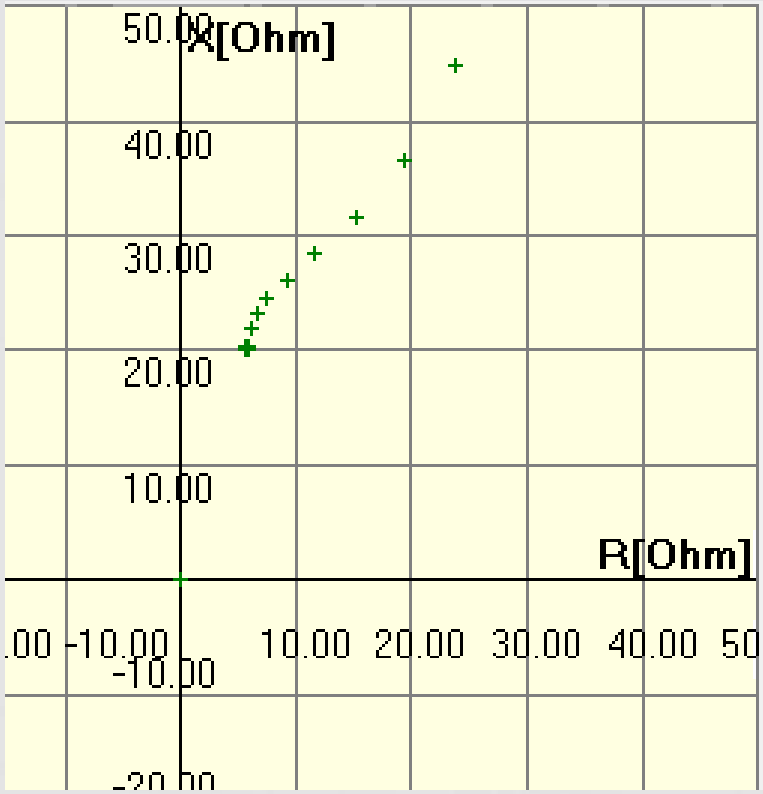
X/X_z



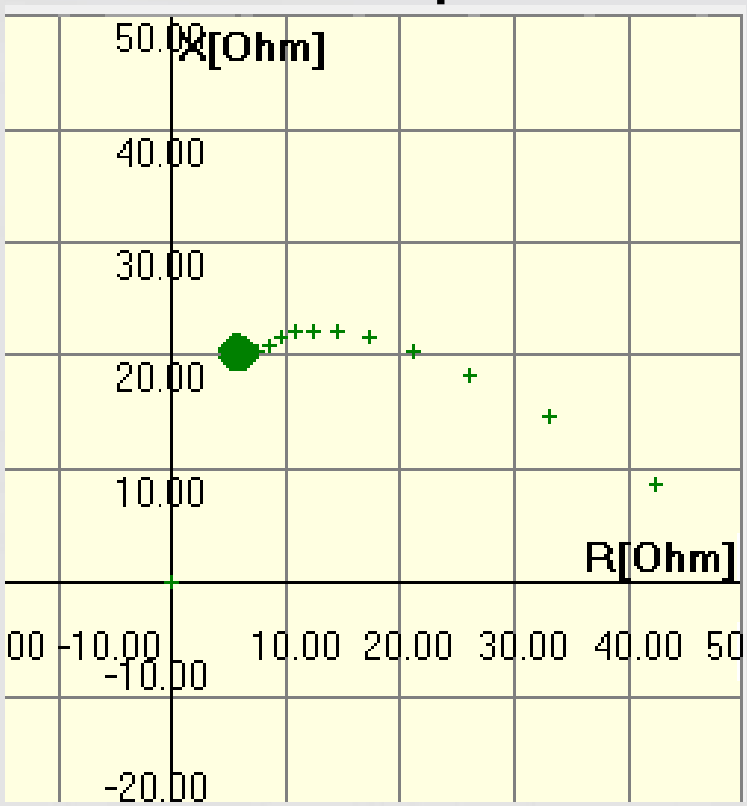
Távolsági védelem

A Fourier módszer impedancia mérése

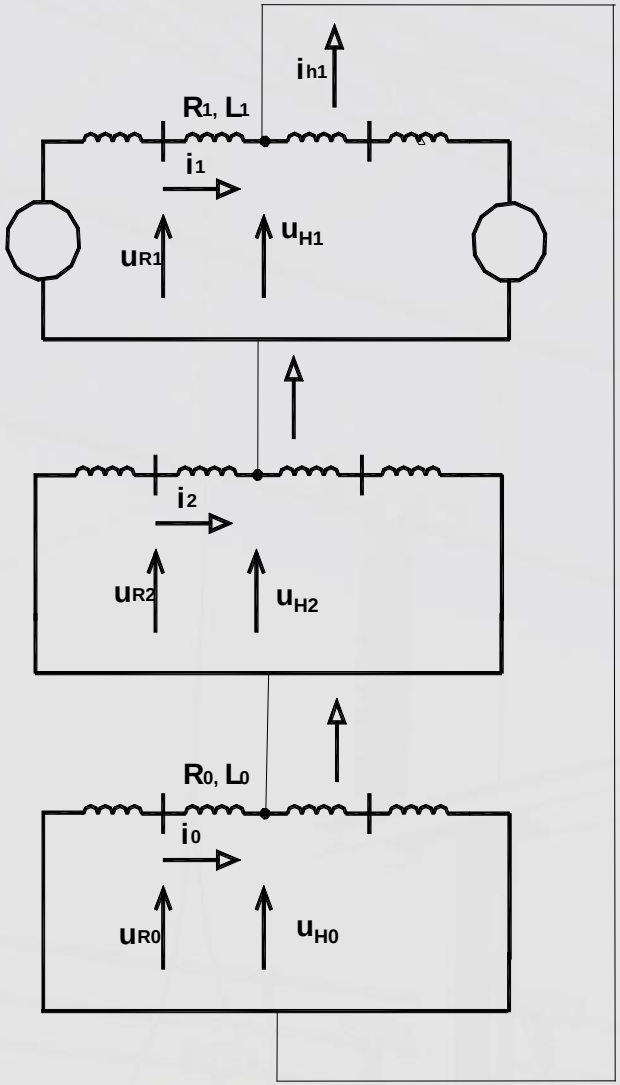
DC komponens nélkül



Ha van DC komponens



Távolsági védelem



Differenciál-egyenlet megoldás

A pillanatértékekkel felírható hurokegyenletek

$$u_{H1} = u_{R1} - R_1 i_1 - L_1 \frac{di_1}{dt}$$

$$u_{H2} = u_{R2} - R_1 i_2 - L_1 \frac{di_2}{dt}$$

$$u_{H1o} = u_{Ro} - R_o i_o - L_o \frac{di_o}{dt}$$

FN zárlat miatt

$$u_{H1} + u_{H2} + u_{H1o} = 0$$

Távolsági védelem

Behelyettesítve

$$u_{Ra} = R_1 i_1 + R_1 i_2 + R_o i_o + L_1 \frac{di_1}{dt} + L_1 \frac{di_2}{dt} + L_o \frac{di_o}{dt}$$

Eredmény:

$$u_{Ra} = R_1 (i_1 + i_2 + i_o) + i_o (R_o - R_1) + L_1 \frac{d(i_1 + i_2 + i_o)}{dt} + \frac{di_o}{dt}(L_o - L_1) =$$

$$R_1 \left(i_a + \frac{R_o - R_1}{R_1} i_o \right) + L_1 \frac{d}{dt} \left(i_a + \frac{L_o - L_1}{L_1} i_o \right) =$$

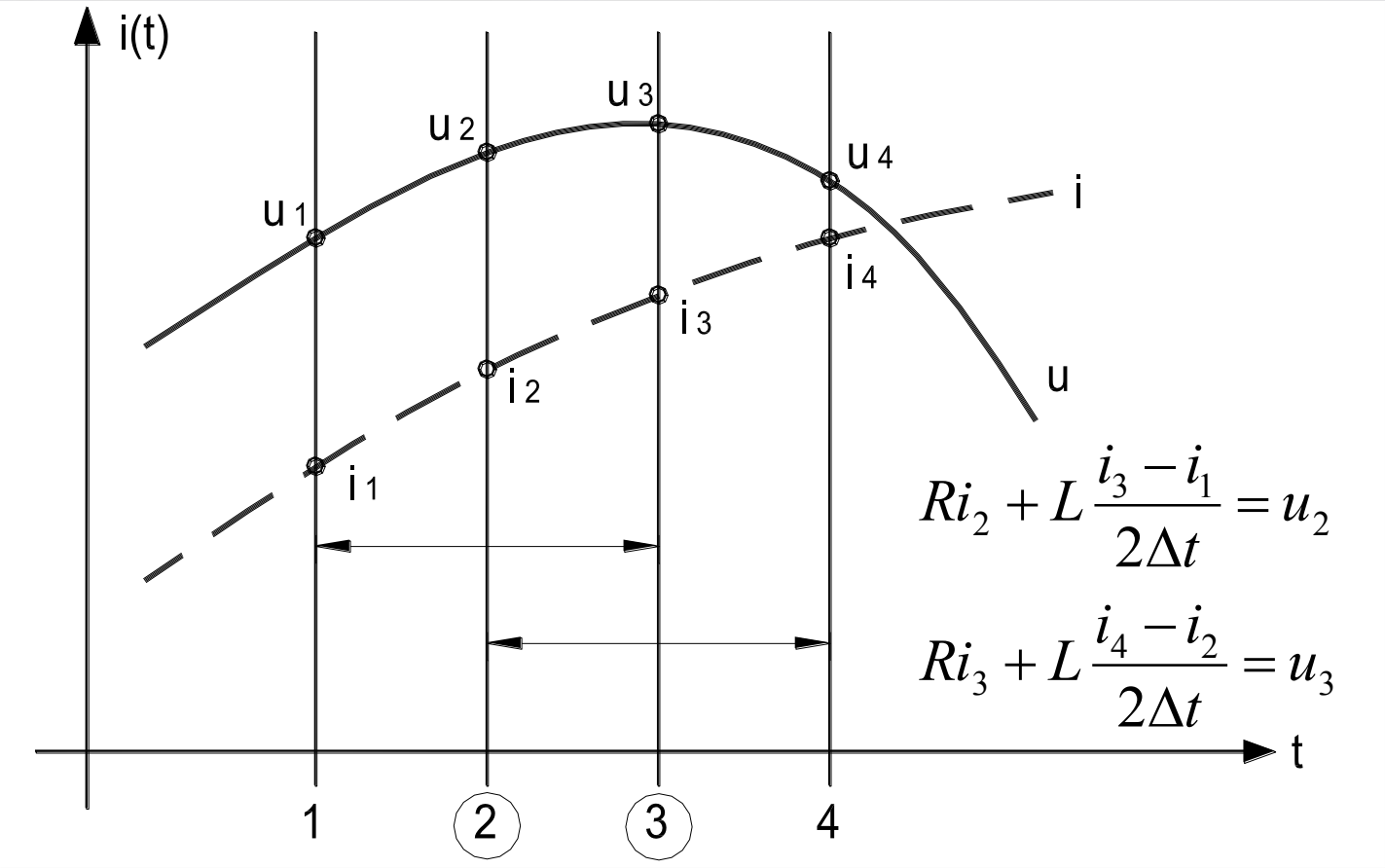
$$R_1 (i_a + \alpha_R 3 i_o) + L_1 \frac{d}{dt} (i_a + \alpha_L 3 i_o)$$

$$\alpha_R = \frac{R_o - R_1}{3R_1}$$

$$\alpha_L = \frac{L_o - L_1}{3L_1}$$

Távolsági védelem

Numerikus megoldás („A4 módszer”)



$$Ri_2 + L\frac{i_3 - i_1}{2\Delta t} = u_2$$

$$Ri_3 + L\frac{i_4 - i_2}{2\Delta t} = u_3$$

Távolsági védelem

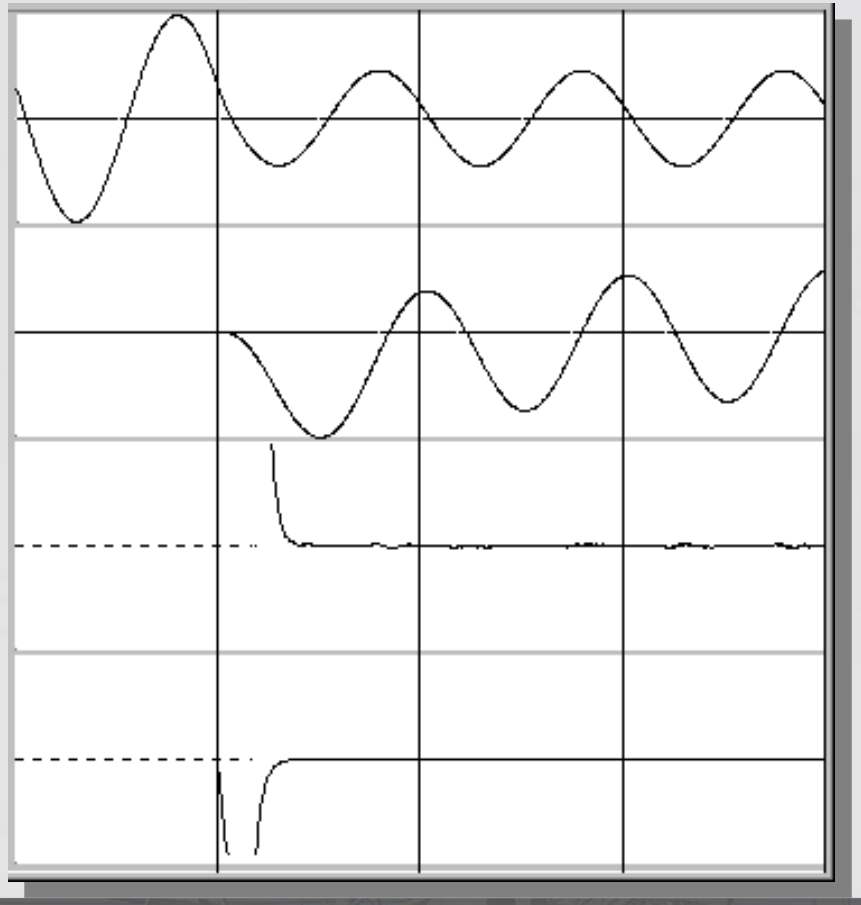
A numerikus megoldás tranziensei

Feszültség

Áram

R/R_z

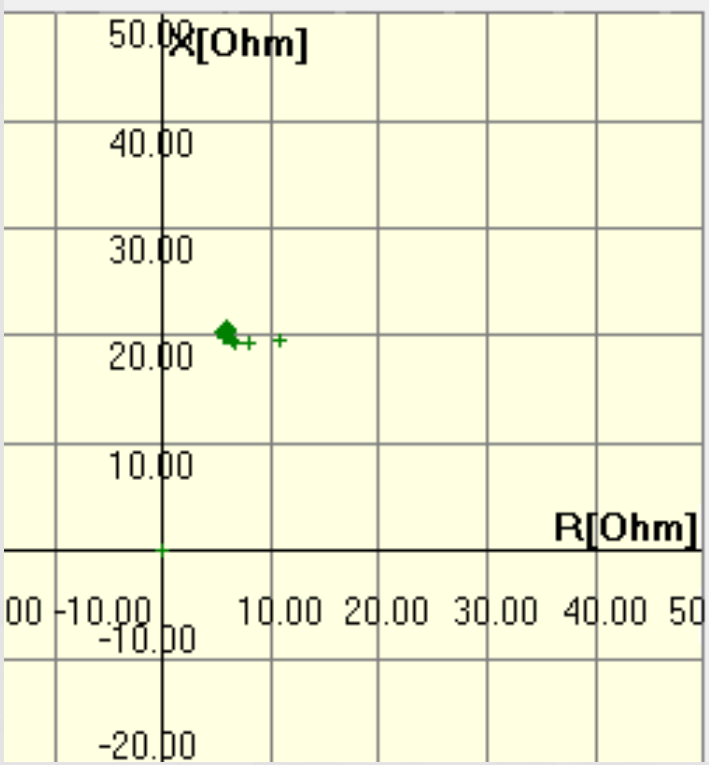
X/X_z



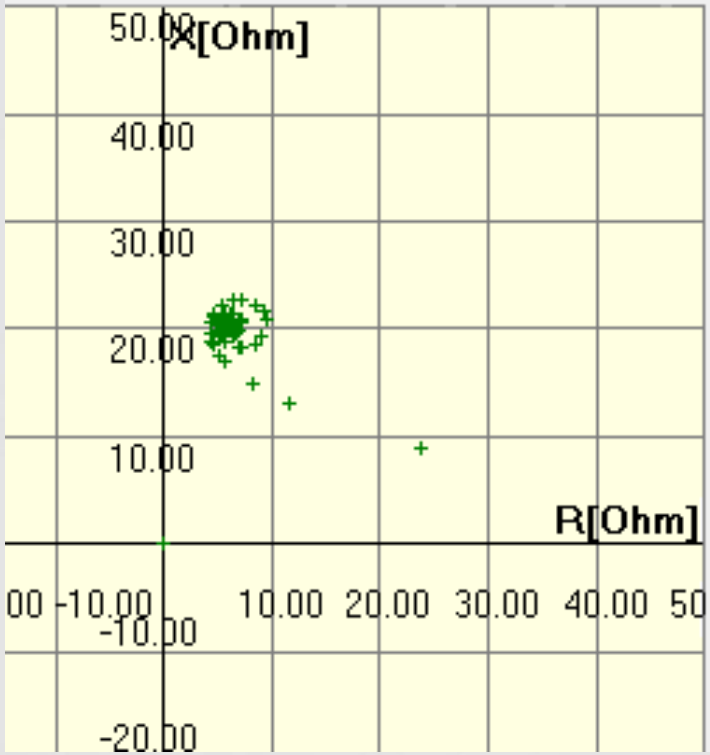
Távolsági védelem

Az A4 módszer impedancia mérése

Ha van DC komponens
Azonos T



Ha van DC komponens
Különböző T



Távolsági védelem

Az A4 módszer előnyei:

- az egyenáramú összetevőt helyesen kezeli
- nincs a képletben ω

A Fourier módszer előnye:

- jó zavarszűrés

A két módszer egyesítése:

(a differenciál egyenlet Fourier transzformálása)

- egyesíti az előnyöket

Távolsági védelem

A zérus sorrendű áram keverés tényezője (α)

Fourier vektorok esetén:

$$\alpha = \frac{Z_o - Z_1}{3Z_1} = Re(\alpha) + j * Im(\alpha)$$

A differenciál egyenlet esetén:

$$\alpha_R = \frac{R_o - R_1}{3R_1} \qquad \alpha_L = \frac{L_o - L_1}{3L_1} = \frac{X_o - X_1}{3X_1} = \alpha_X$$

Kapcsolat:

$$Re(\alpha) = \frac{1}{1+t^2}\left(\alpha_R + t^2 \alpha_X\right)$$

$$Im(\alpha) = \frac{t}{1+t^2}\left(\alpha_X - \alpha_R\right)$$

$$t = tg(\varphi) = \frac{X1}{R1}$$

$$\alpha_R = Re(\alpha) - t\, Im(\alpha)$$

$$\alpha_X = Re(\alpha) + \frac{1}{t} Im(\alpha)$$

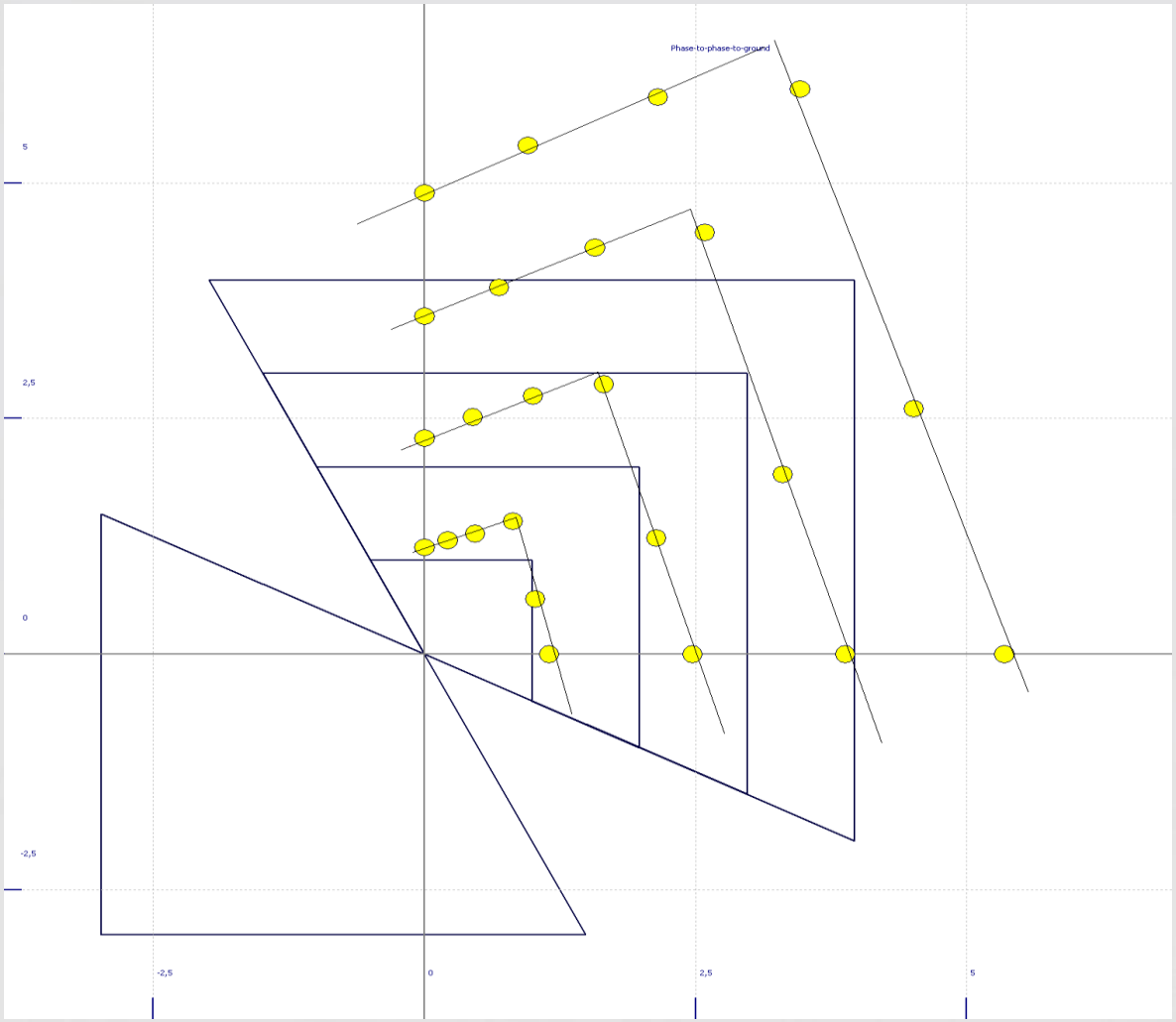
Távolsági védelem

Helytelenül megadott α tényező hatása (FN zárlati teszt)

Példa: (Földvár)

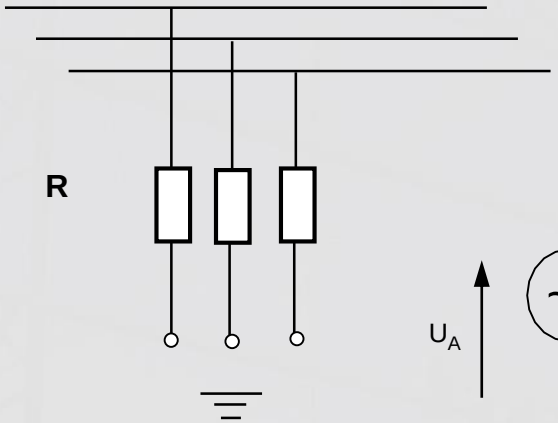
Re(α)=1,08366
Im(α)=0,04448

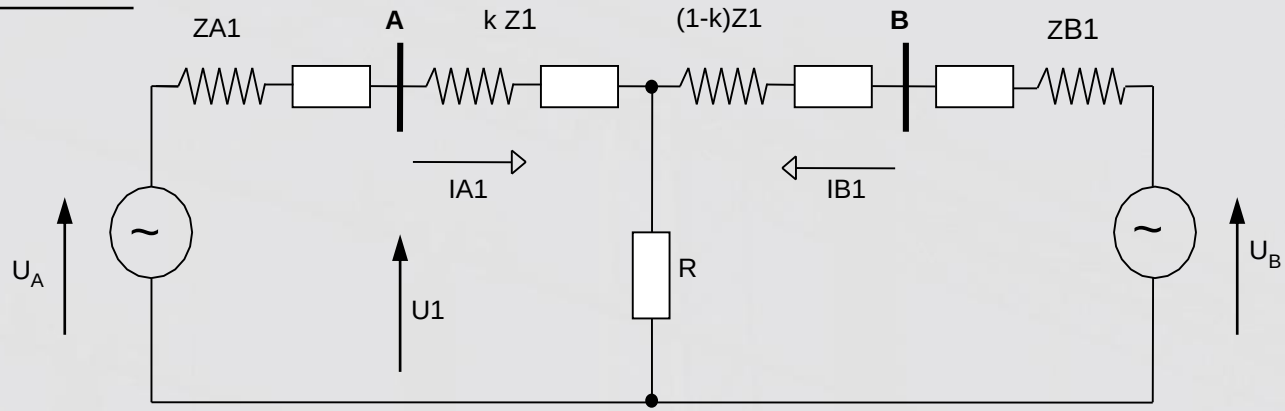
αR= 0,92420
αX= 1,09607



Távolsági védelem

A hibahelyi ellenállás hatása (3F zárlat)





Hurokegyenlet

$$U1 = IA1 * k * Z1 + (IA1 + IB1) * R$$

A mért impedancia

$$Z = \frac{U1}{IA1} = \frac{IA1 * k * Z1 + (IA1 + IB1) * R}{IA1} = k * Z1 + \left(1 + \frac{IB1}{IA1}\right) * R$$

Távolsági védelem

A hibahelyi ellenállás hatása (3F zárlat)

A mért impedancia

$$Z = k * Z1 + \left(1 + \frac{IB1}{IA1}\right) * R$$

ELEMEZZÜK!

Ismerni kellene:

- **A mögöttes Thevenin impedanciákat (áram arány!),**
- **A zárlat előtti áramot (teljesítmény-átvitelt - > szög!),**
- **A hiba helyét (Ez adja meg a két oldal impedanciájának arányát),**
- **A hibahelyi *R* értékét**
- **A zárlatfajtát (pozitív <> zérus sorrend impedanciái)**

Távolsági védelem

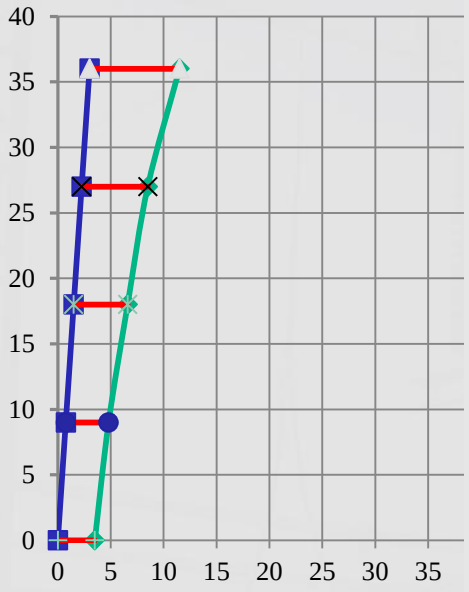
A hibahelyi ellenállás hatása (3F zárlat)

A mért impedancia, ha a két áram fázisban van

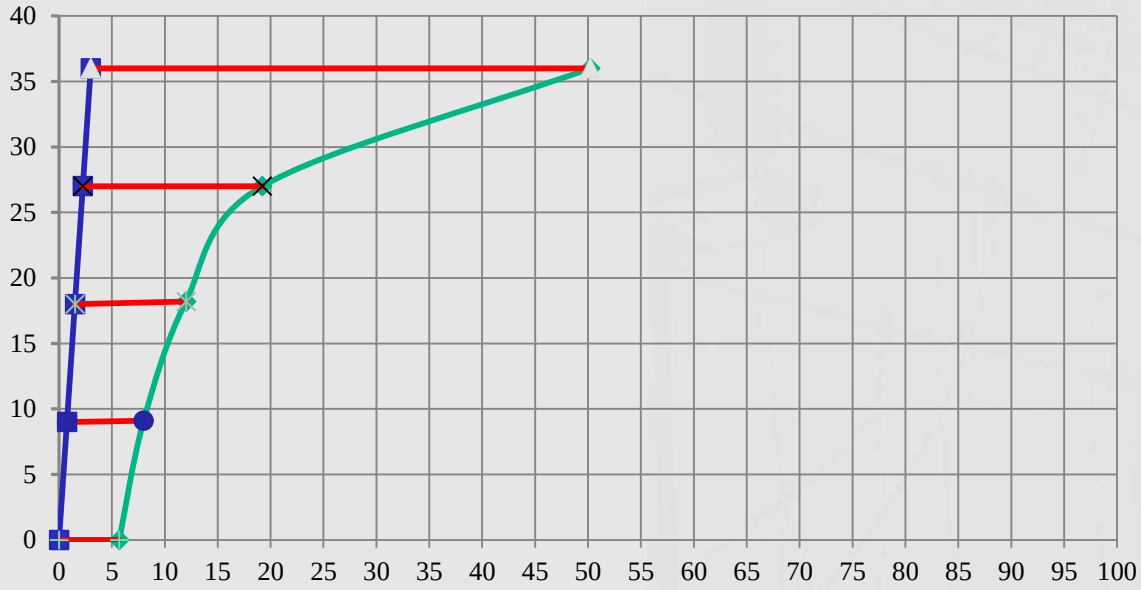
$$Z = k * Z1 + \left(1 + \frac{IB1}{IA1}\right) * R$$

Példa

Erős hálózat felől



Gyenge hálózat felől



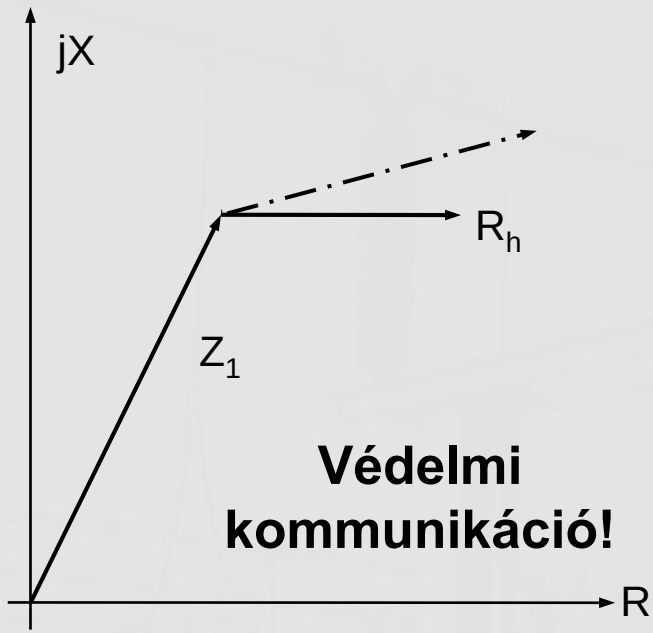
Távolsági védelem

A hibahelyi ellenállás hatása (3F zárlat)

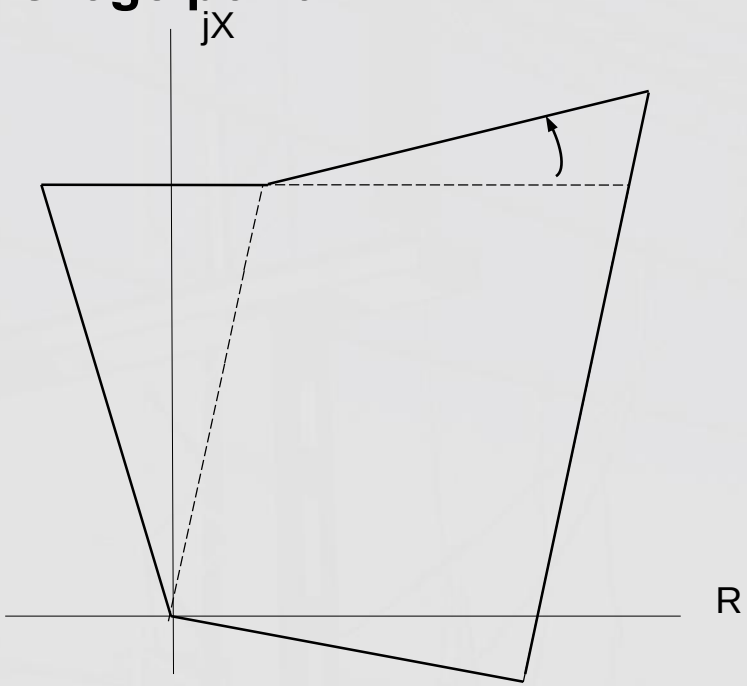
A mért impedancia

$$Z = k * Z1 + \left(1 + \frac{IB1}{IA1}\right) * R$$

„B” siet -> „A” importál -> IB1/IA1 szöge pozitív



Védelmi kommunikáció!



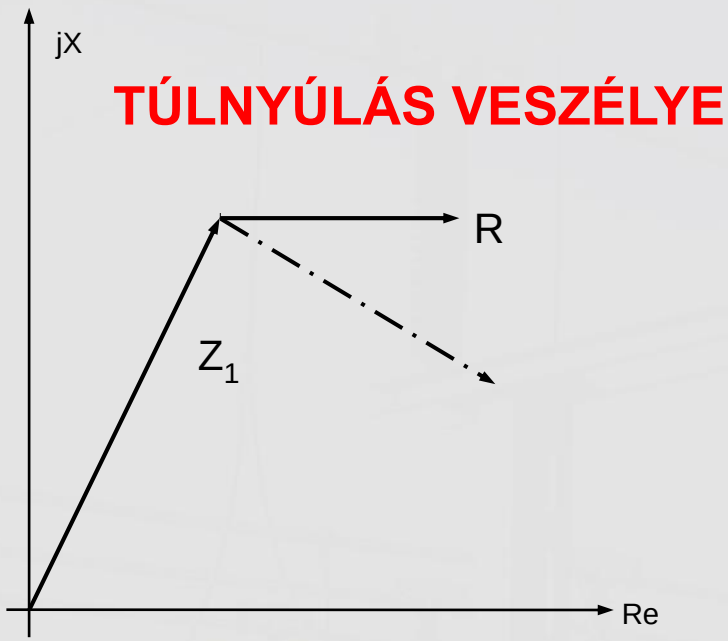
Távolsági védelem

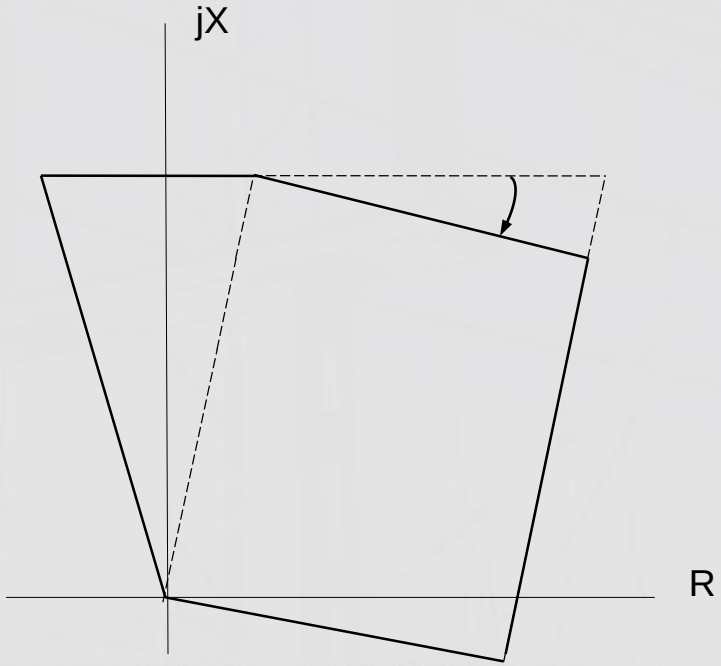
A hibahelyi ellenállás hatása (3F zárlat)

A mért impedancia teljesítmény-átvitellel

$$Z = k * Z1 + \left(1 + \frac{IB1}{IA1}\right) * R$$

„A” siet -> „A” exportál -> IB1/IA1 szöge negatív





Távolsági védelem

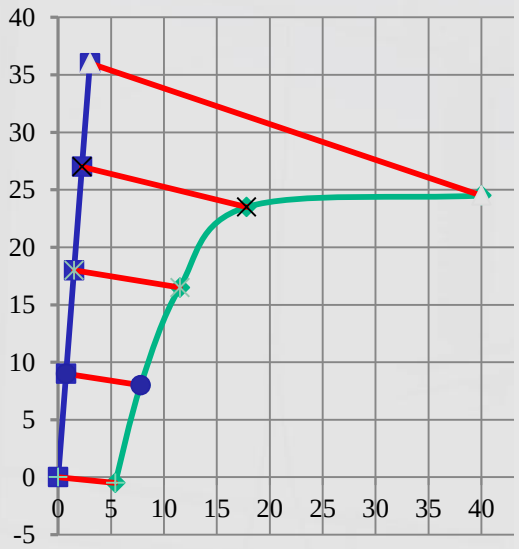
A hibahelyi ellenállás hatása (3F zárlat)

A mért impedancia teljesítmény-átvitellel

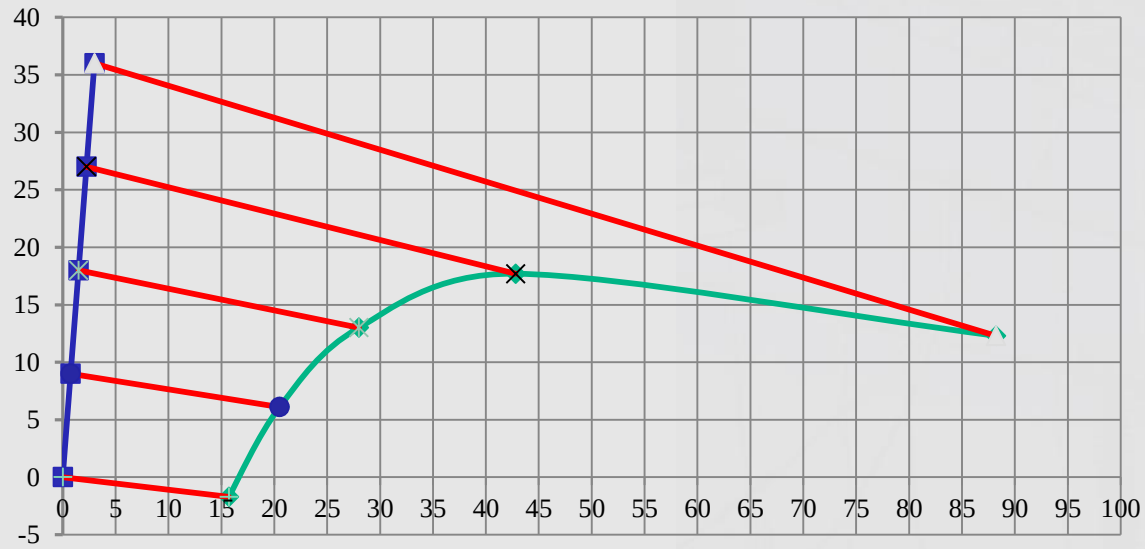
$$Z = k * Z1 + \left(1 + \frac{IB1}{IA1}\right) * R$$

Példa

Erős hálózat felől



Gyenge hálózat felől



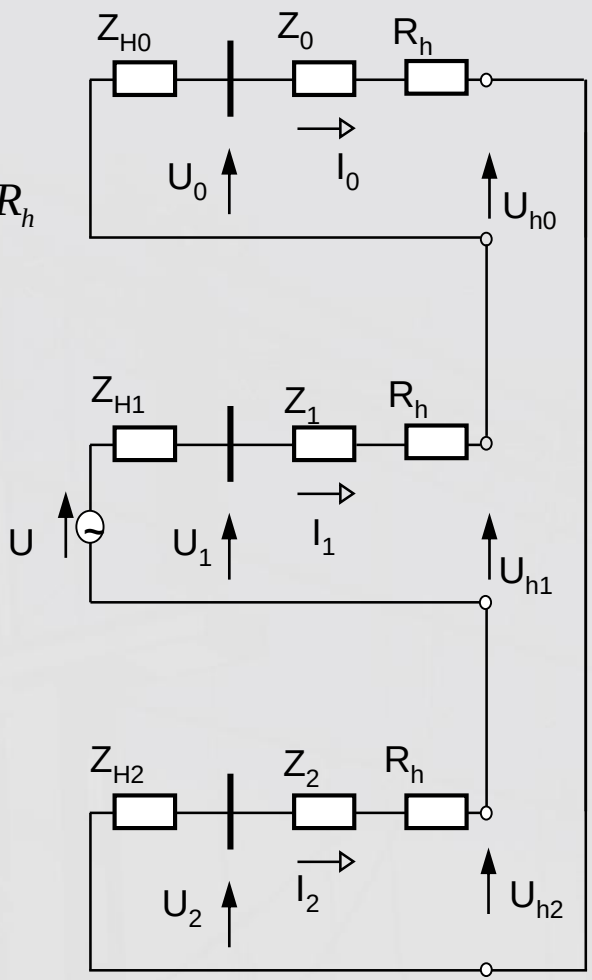
Távolsági védelem

A hibahelyi ellenállás hatása FN zárlatkor

$$Ua = U_0 + U_1 + U_2 = \left(Ia + \frac{(Z_o - Z_1)}{3Z_1} 3I_o \right) Z_1 + (I_o + I_1 + I_2) R_h$$

A mért impedancia

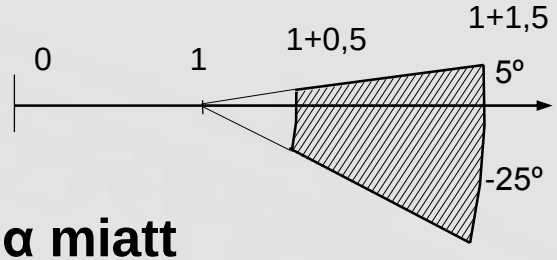
$$Z = \frac{Ua}{(Ia + \alpha 3I_o)} = Z_1 + \frac{IaR_h}{(Ia + \alpha 3I_o)} = Z_1 + \frac{1}{1+\alpha} R_h$$



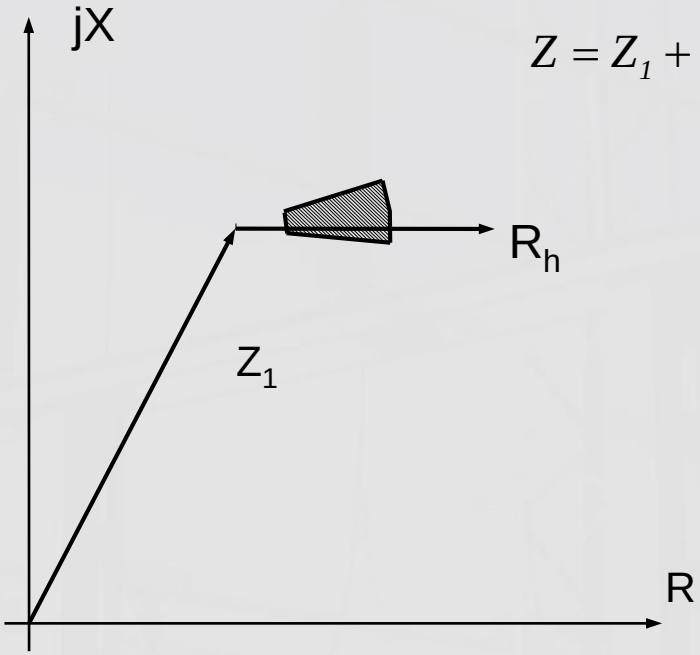
Távolsági védelem

A hibahelyi ellenállás hatása (FN zárlat)

(1+α) szerkesztése



Az impedancia torzulása a komplex α miatt



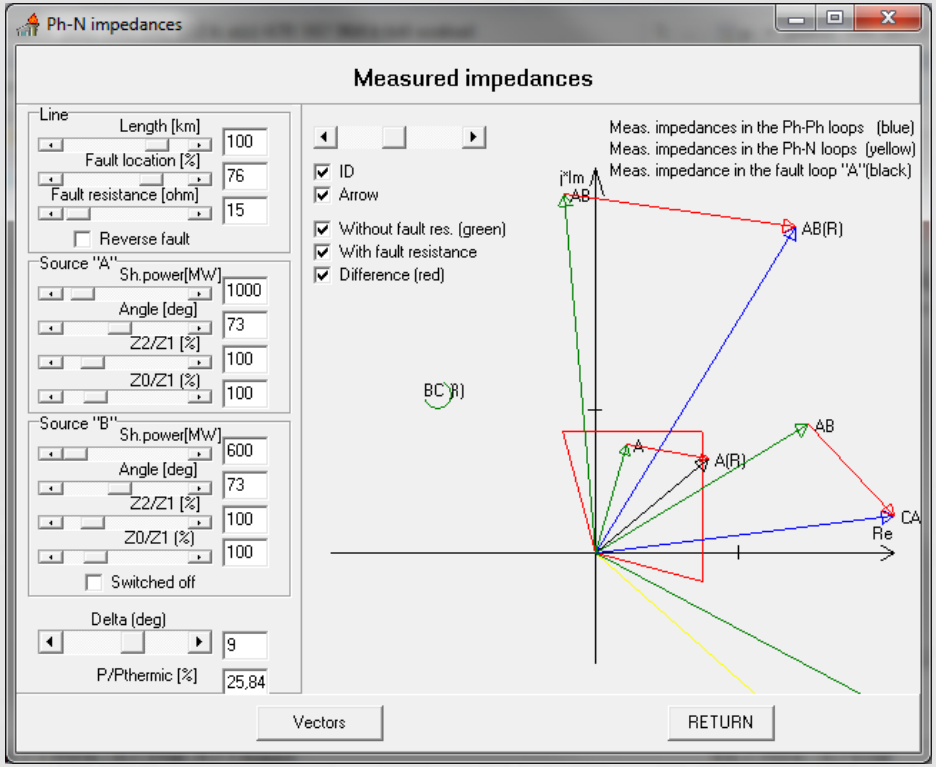
$$Z = Z_1 + \frac{1}{1+\alpha} R_h$$

Távolsági védelem

A hibahelyi ellenállás hatása (FN zárlat)

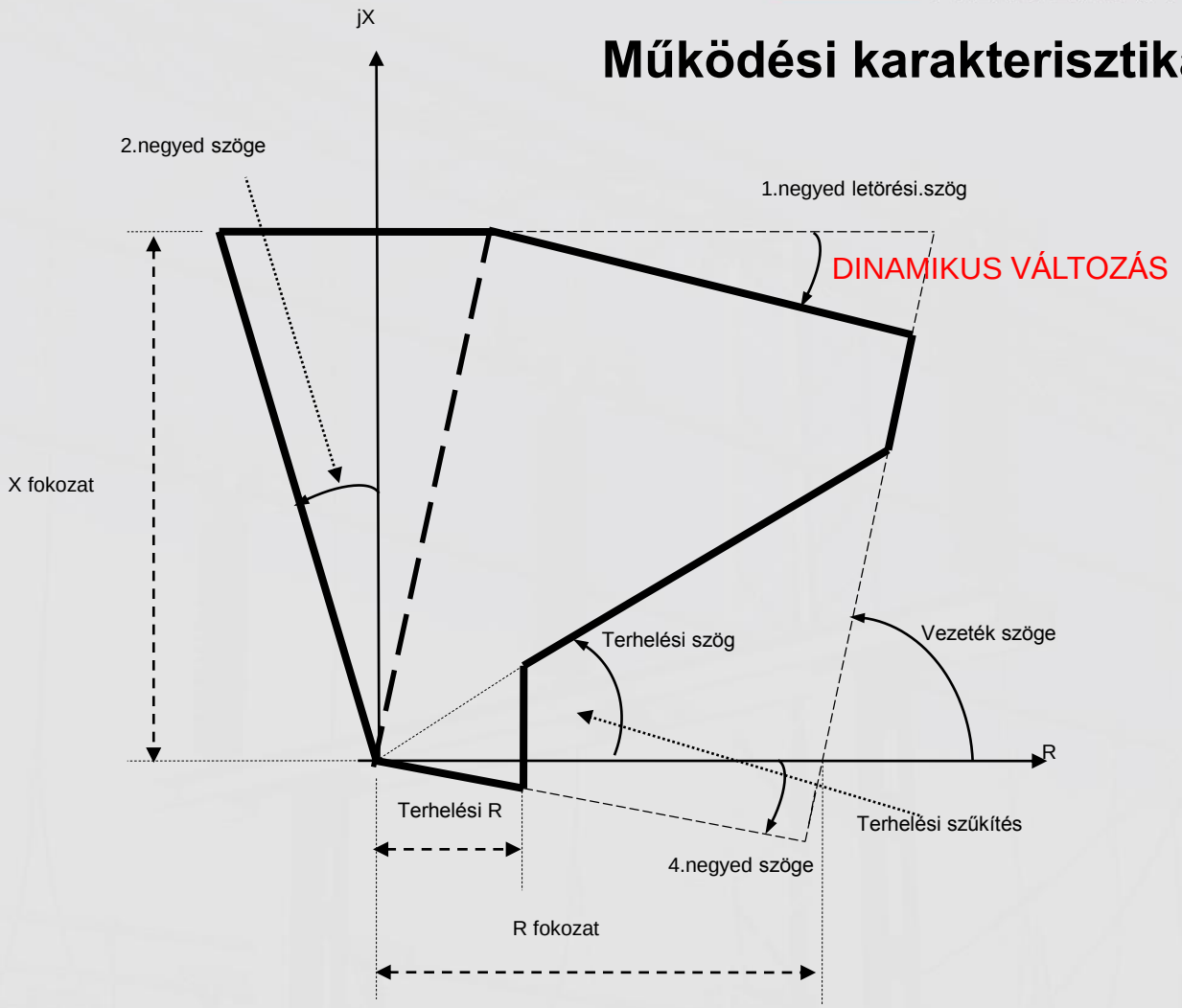
Az impedancia torzulása a teljesítmény-átvitel miatt

Lásd a DEMO programot! (R_DistanceTest)



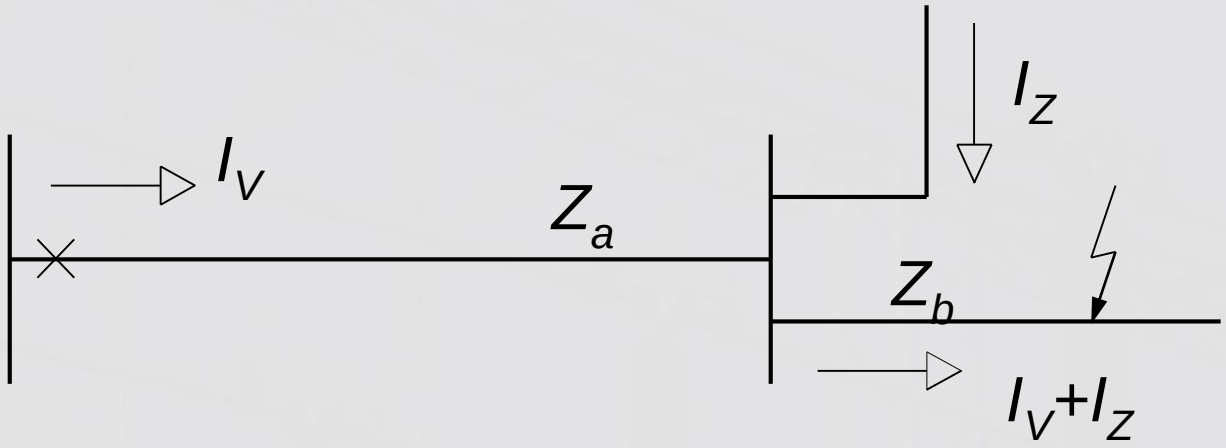
Távolsági védelem

Működési karakterisztika



Távolsági védelem

A **távoli táplálás torzító hatása**



$$Z = \frac{U}{I_v} = \frac{I_v Z_a + (I_v + I_z) Z_b}{I_v} = Z_a + \frac{I_v + I_z}{I_v} Z_b$$

Nagyobb impedanciát mér, a fokozathatár visszahúzódik

De: 0 < I_Z < ???

Távolsági védelem

Párhuzamos távvezeték

A probléma (eltekintve az aszimmetriától)**:**

$$\begin{bmatrix} UA \\ UB \\ UC \\ Ua \\ Ub \\ Uc \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z & Zk & Zk & Zm & Zm & Zm \\ Zk & Z & Zk & Zm & Zm & Zm \\ Zk & Zk & Z & Zm & Zm & Zm \\ Zm & Zm & Zm & Z & Zk & Zk \\ Zm & Zm & Zm & Zk & Z & Zk \\ Zm & Zm & Zm & Zk & Zk & Z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} IA \\ IB \\ IC \\ Ia \\ Ib \\ Ic \end{bmatrix}$$

Ha $Ia+Ib+Ic\neq 0$, **azaz a zérus sorrendű áram „átindukál”**

Távolsági védelem

Párhuzamos távvezeték

FN zárlati mérés:

$$Z1 = \frac{UA}{IA + \alpha * 3I0 + \beta * 3I0par}$$

$$\alpha = \frac{Z0 - Z1}{3 * Z1}$$

$$\beta = \frac{Zm}{3 * Z1}$$

Komplex (vagy két valós)

$$3I0par = Ia + Ib + Ic$$

Távolsági védelem

Párhuzamos távvezeték

FN zárlati mérés:

$$Z1 = \frac{UA}{IA + \alpha * 3I0 + \beta * 3I0par}$$

Ha nem vesszük figyelembe:

- Azonos irányú I0par elhagyása miatt nagyobb Z1, a fokozathatár „visszahúzódik”
- Ellentétes irányú I0par elhagyása miatt kisebb Z1, „túlnyúlik” (leföldelt párhuzamos rendszer, áramát nem mérjük!)

Távolsági védelem

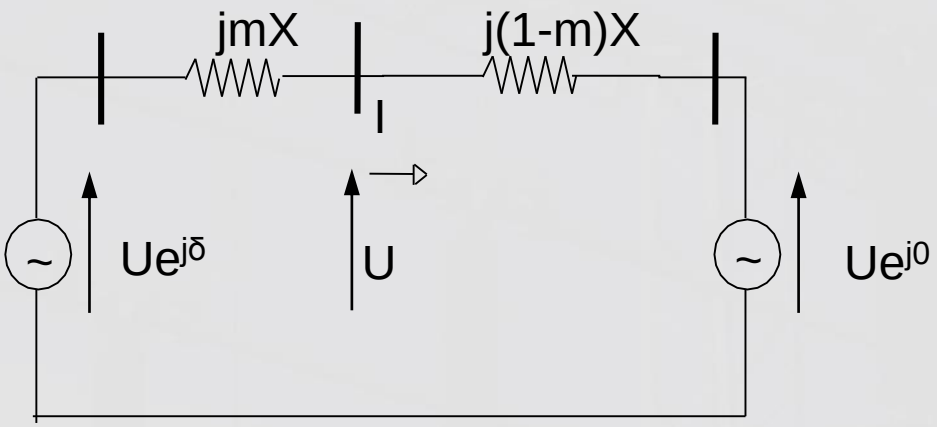
Párhuzamos távvezeték problémás esetei:

- párhuzamos vezeték földelő szakaszolója bekapcsolt állapotban van,
- ha a párhuzamos vezeték másik alállomásba csatlakozik,
- ha a párhuzamos vezeték csak rövidebb szakaszon van közös oszlopra szerelve,
- előfordulhat, hogy azonos oszlopra kettőnél több, különböző feszültségszintű vezeték is fel van szerelve, és a zérus sorrendű kompenzálás bekötése túl bonyolult lenne,
- előfordulhat, hogy a párhuzamos vezeték közeli zárlata olyan nagy zérus sorrendű áramot eredményezne, ami a nem-zárlatos vezeték viszonylagosan kis áramát „felülírná” a fenti képlet nevezőjében. Ezzel felesleges megszólalásra vezetne.
- Üzemviteli és karbantartás-biztonsági okok miatt nem kívánatos az, hogy egy mező védelmébe más mező áramát is csatlakoztatjuk.

Megoldás: Rövidebb beállítás és védelmi kommunikáció

Távolsági védelem

A védelem érzékelése teljesítmény-lengések idején



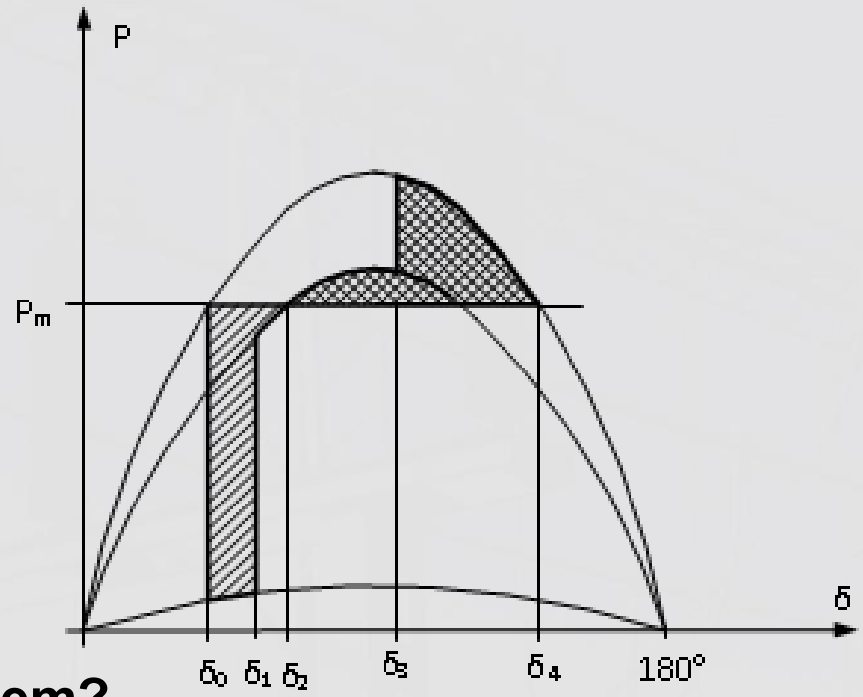
Teljesítmény-lengést okozhat:
(minden transzfer impedancia változás)

- **Zárlat**
- **Fogyasztó kapcsolás**
- **Erőmű kiesés**
- **Hálózati állapot változás**

Távolsági védelem

Példa: egy zárlati eseménysorrend (egyenlő területek módszere)

$$P_S = P_R = \frac{U_S U_R}{X} sin(\delta)$$



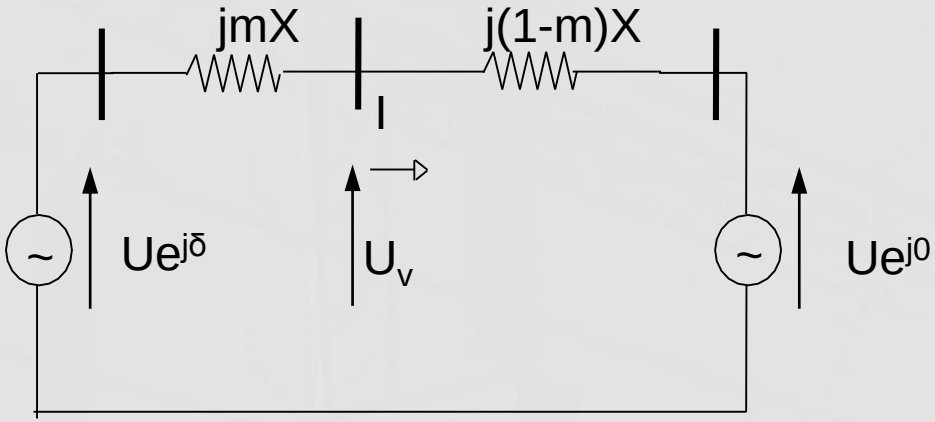
Mi az időbeli folyamat?
Mit érzékel a távolsági védelem?

Távolsági védelem

A védelem érzékelése teljesítmény-lengések idején

Az áram:

$$\boldsymbol{I} = \frac{Ue^{j\delta} - U}{jX}$$



A feszültség a védelemnél:

$$\boldsymbol{U_v} = (1-m)Ue^{j\delta} + mU$$

A mért impedancia:

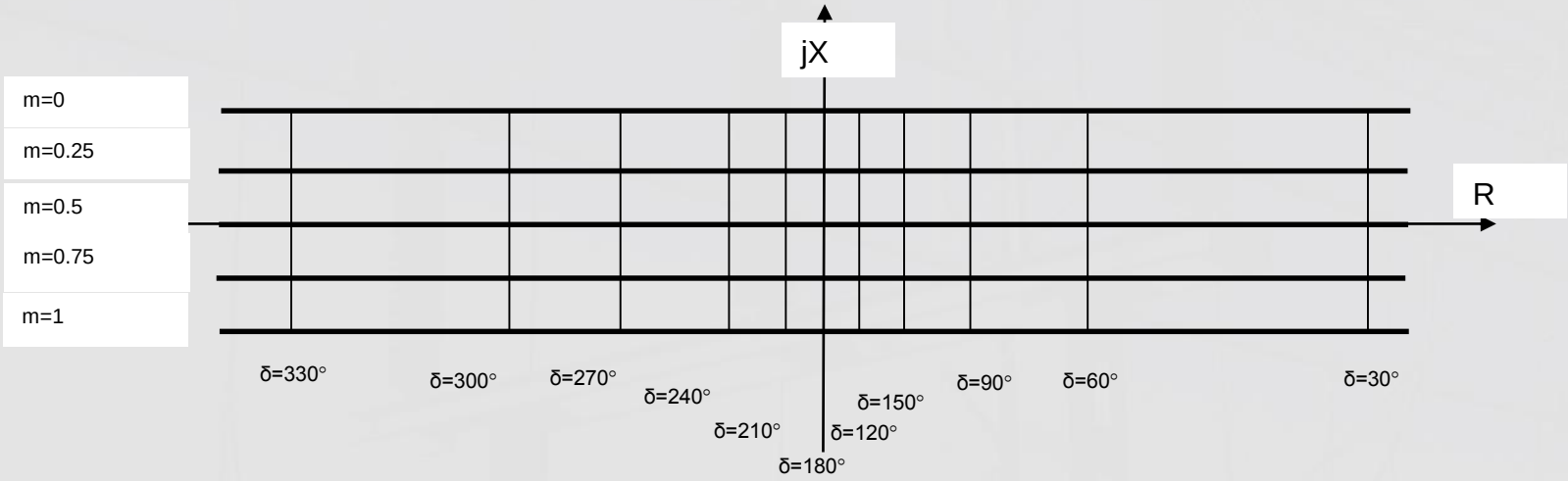
$$\boldsymbol{Z} = \frac{U_v}{I} = \frac{(1-m)e^{j\delta} + m}{e^{j\delta} - 1} jX$$

$$Z = \left[-m + \frac{1}{2} - j\frac{1}{2}ctg\left(\frac{\delta}{2}\right)\right] jX$$

Távolsági védelem

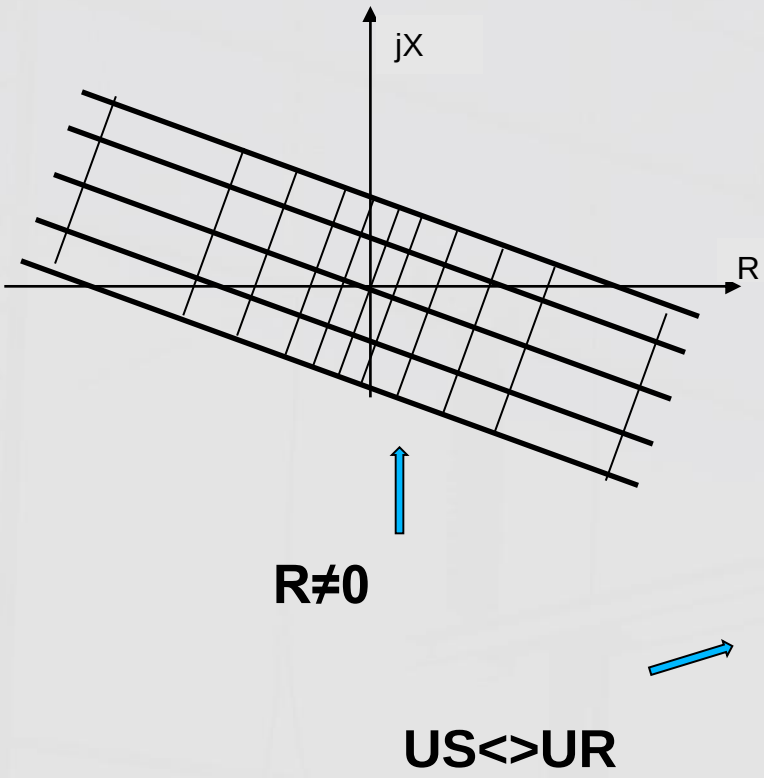
A védelem érzékelése teljesítmény-lengések idején

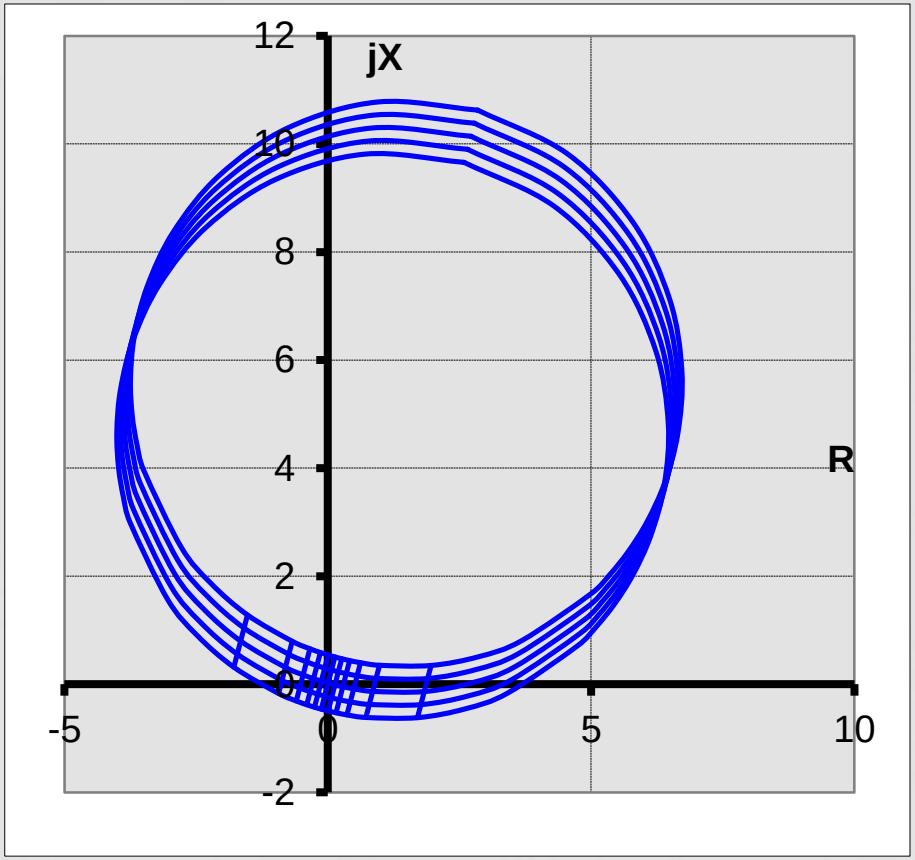
$$Z = \left[-m + \frac{1}{2} - j\frac{1}{2}ctg\left(\frac{\delta}{2}\right)\right]jX$$



Távolsági védelem

A védelem érzékelése teljesítmény-lengések idején



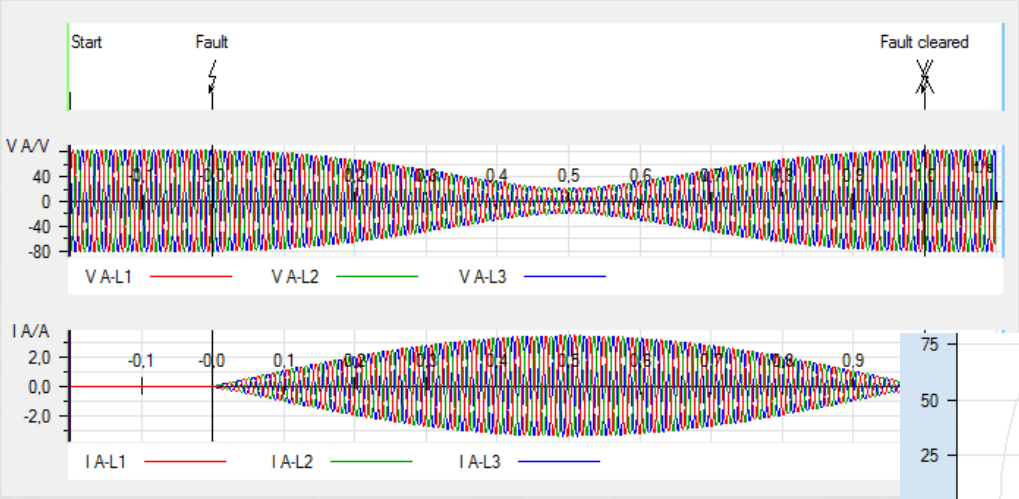


Távolsági védelem

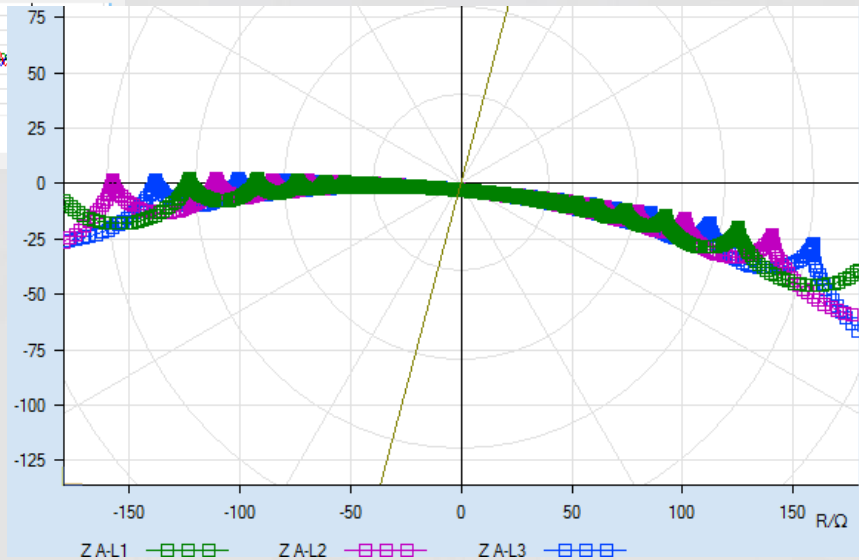
A teljesítmény-lengések időbeli lefolyása
(bonyolult elektro-mechanikai rendszer, egymást követő eseményekkel)

- Sokgépes rendszer egyedi villamos és mechanikai paraméterekkel
- Változó hálózat
- Változó frekvencia
- Feszültségszabályozók
- Frekvenciaszabályozók
- Lengés-csillapító szabályozók
- Bonyolult esemény-sorrend

Távolsági védelem
Szimulált impedancia lengés idején
(pl. Fourier módszerrel számítva) (OMICRON vizsgálóberendezés)

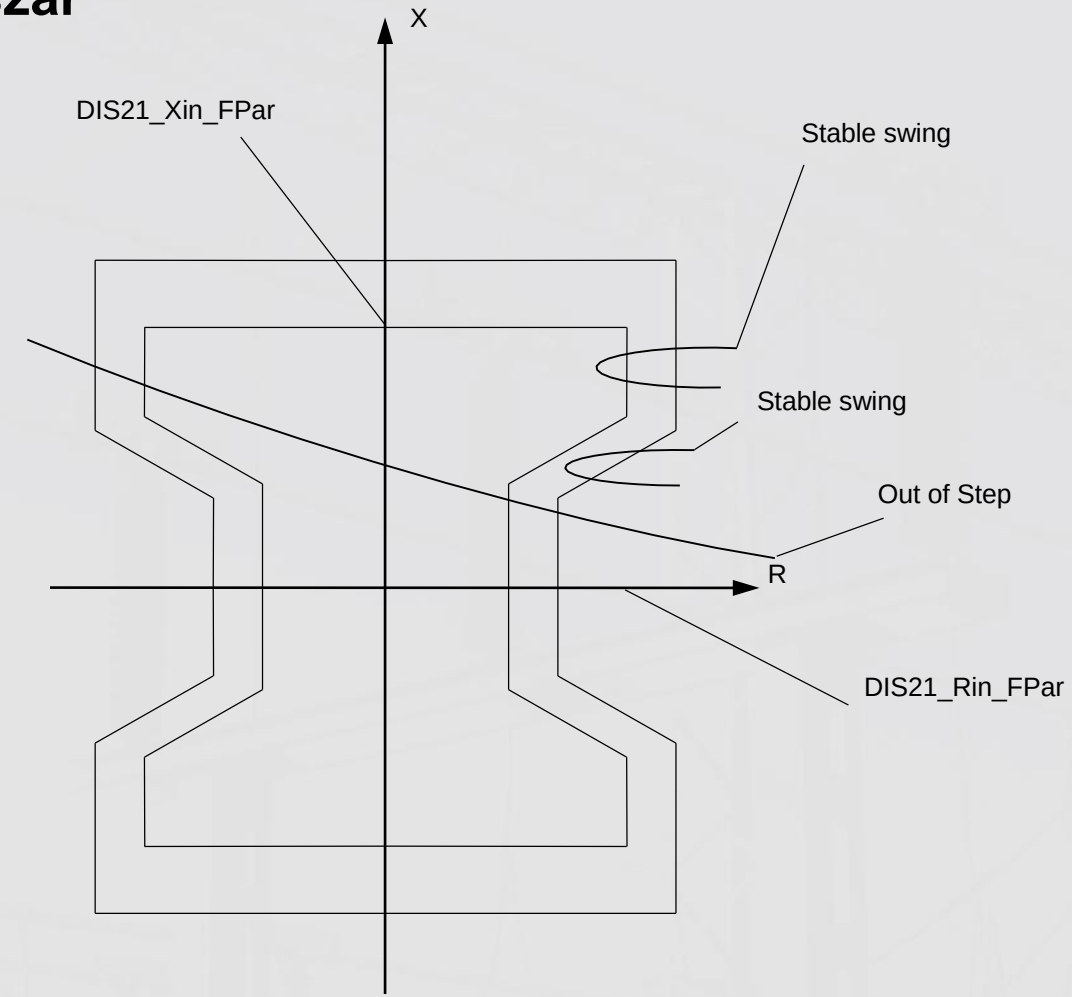


(pl. Fourier módszerrel számítva)



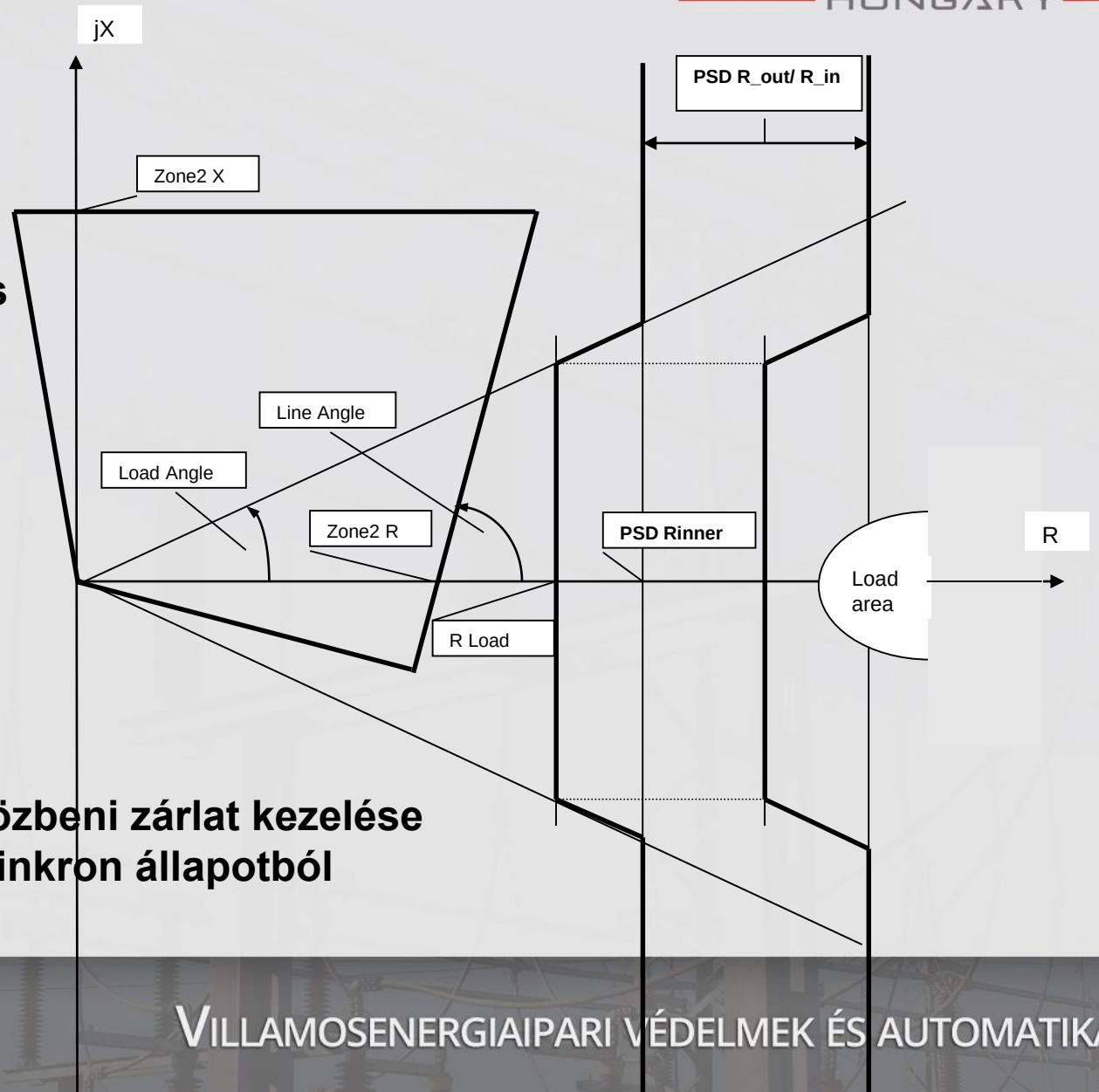
Távolsági védelem

Lengészár



Távolsági védelem

Alkalmazás



+ Lengés közbeni zárlat kezelése
+ Kiesés szinkron állapotból

A lengészár paraméterei

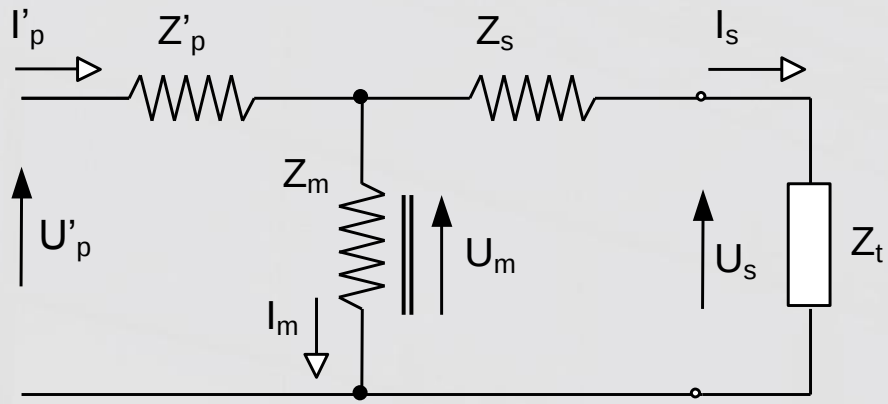
Lengészár üzemmód	Kikapcsolva		
Szinkr.kiesés üzemmód	Kikapcsolva		
Lengés R_ki/R_be	130	%	(120 - 160 / 1)
Lengés X_ki/X_be	130	%	(120 - 160 / 1)
Lengés X belső	10.00	Ohm	(0.10 - 200.00 / 0.01)
Lengés R belső	10.00	Ohm	(0.10 - 200.00 / 0.01)
Lengés kivárás	40	msec	(10 - 1000 / 1)
Nagyon lassú lengés	500	msec	(100 - 10000 / 1)
Lengés ejtési idő	500	msec	(100 - 10000 / 1)
Szinkr.kiesés impulzus	150	msec	(50 - 10000 / 1)

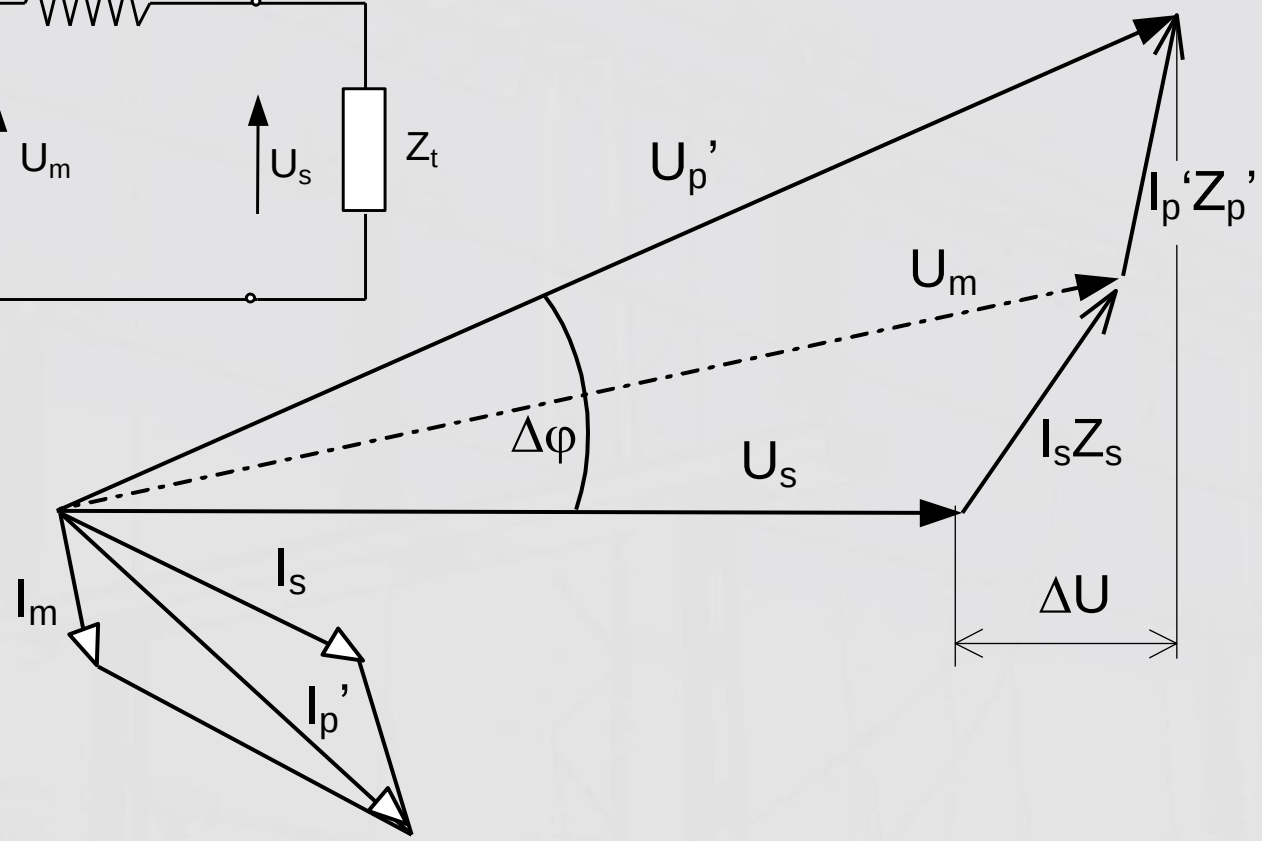
Kikapcsolva
- Kikapcsolva
- 3-ból 1F
- 3-ból 2F
- 3-ból 3F

Kikapcsolva
- Kikapcsolva
- Bekapcsolva

Távolsági védelem

***A mérőváltók problémája*: hagyományos feszültségváltók hibája**



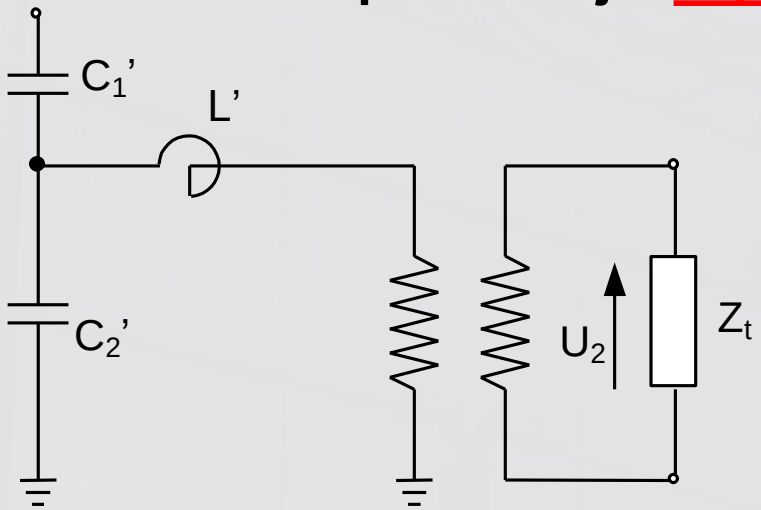


IEC61869-3

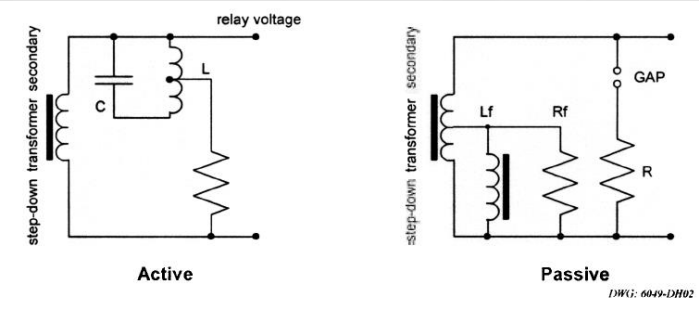
Osztály	ΔU [%]	Δφ [perc]
3P	3	120
6P	6	240

Távolsági védelem

A mérőváltók problémája: kapacitív feszültségosztók (CVT) hibája



- Frekvenciától független feszültségosztás
- Szükséges transzformátoros leválasztás
- Impedancia kompenzálás
- Csillapító körök szükségessége



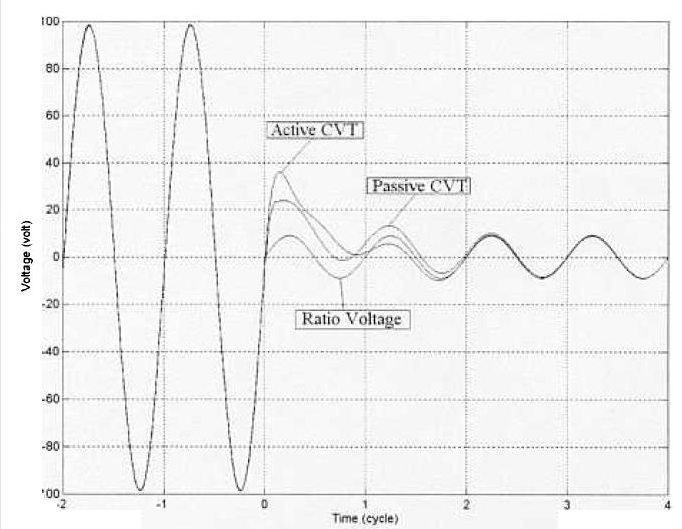
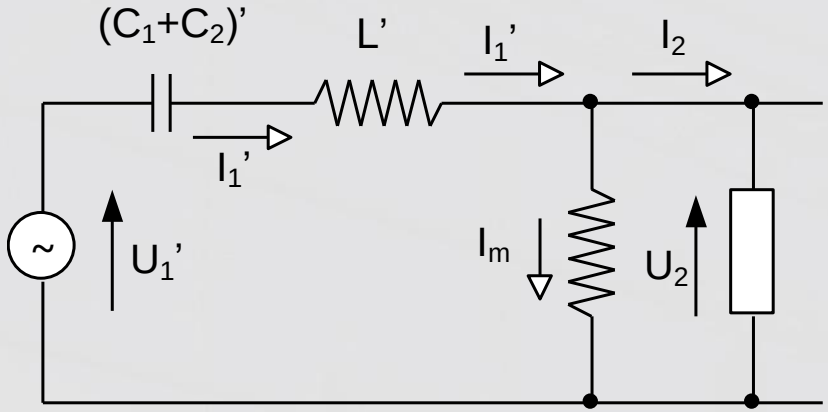
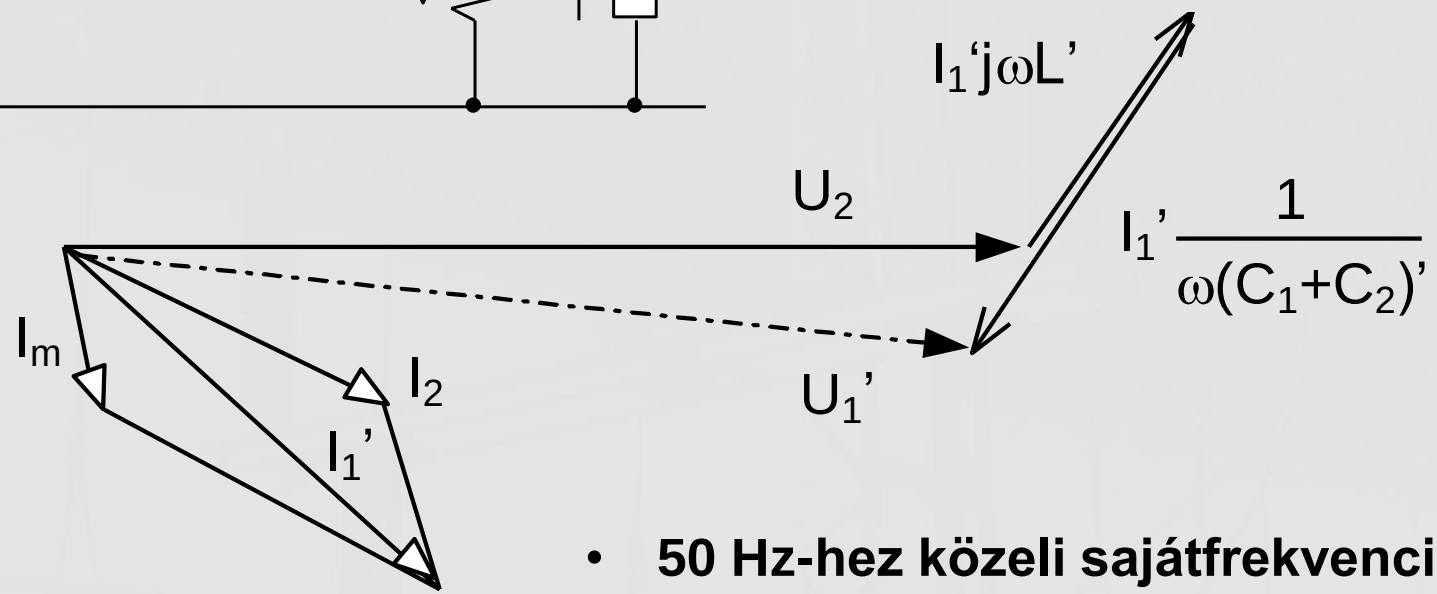


Figure 7 CVT Transients of AFSC and PFSC

Távolsági védelem

A mérőváltók problémája: kapacitív feszültségosztók hibája

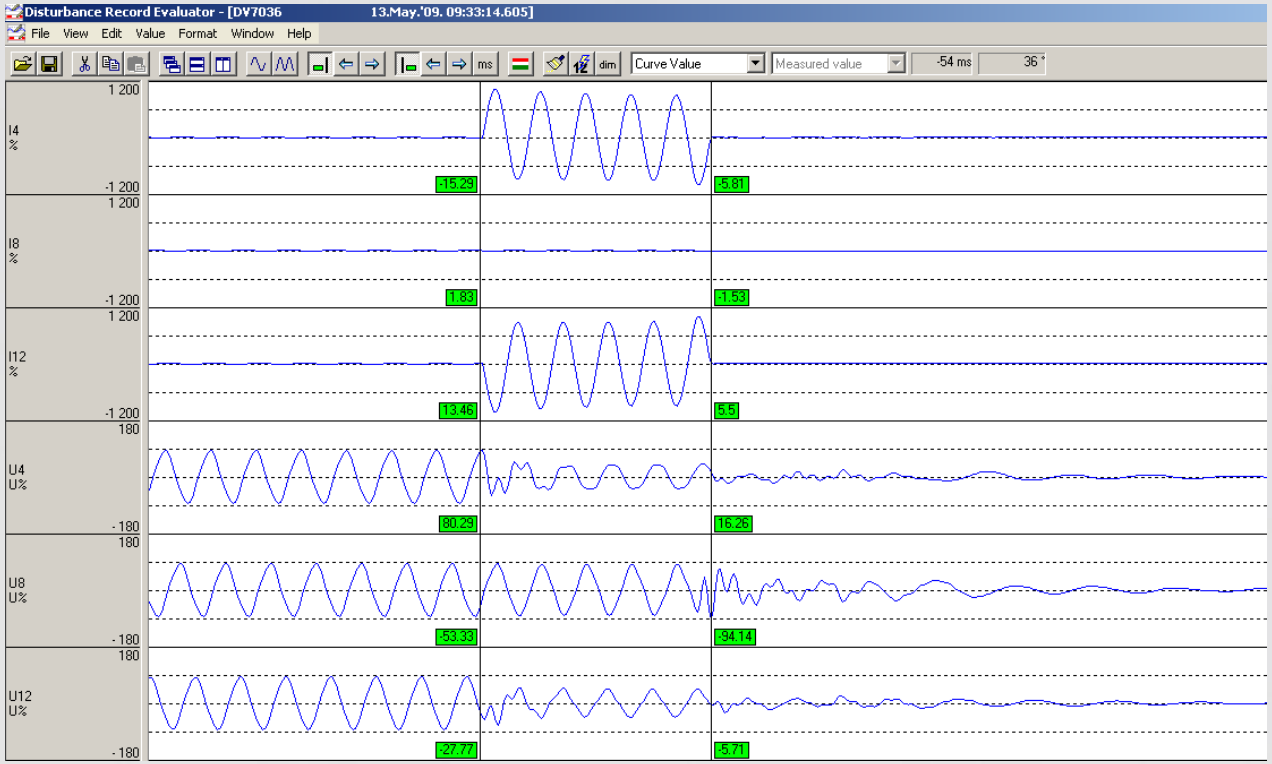




- **50 Hz-hez közeli sajátfrekvencia**
- **Ferrorezonancia veszély**

Távolsági védelem

CVT tranziensek

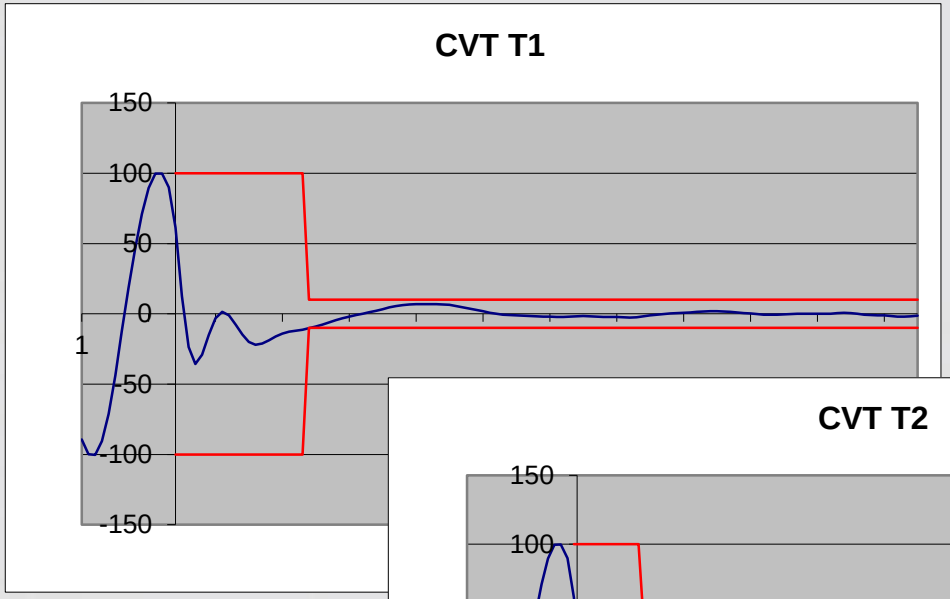


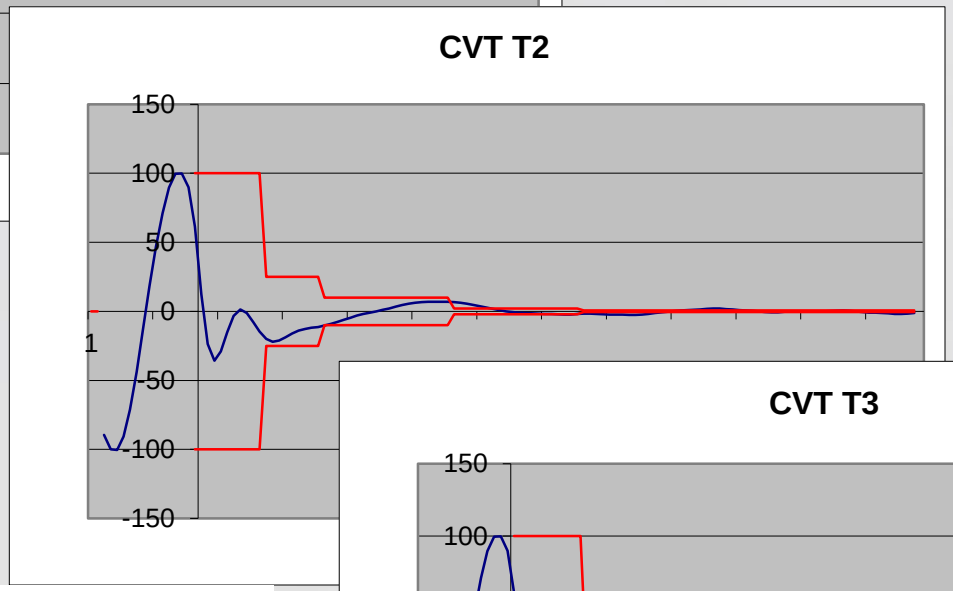
Idegen lengések zárlatkor (140-150Hz)

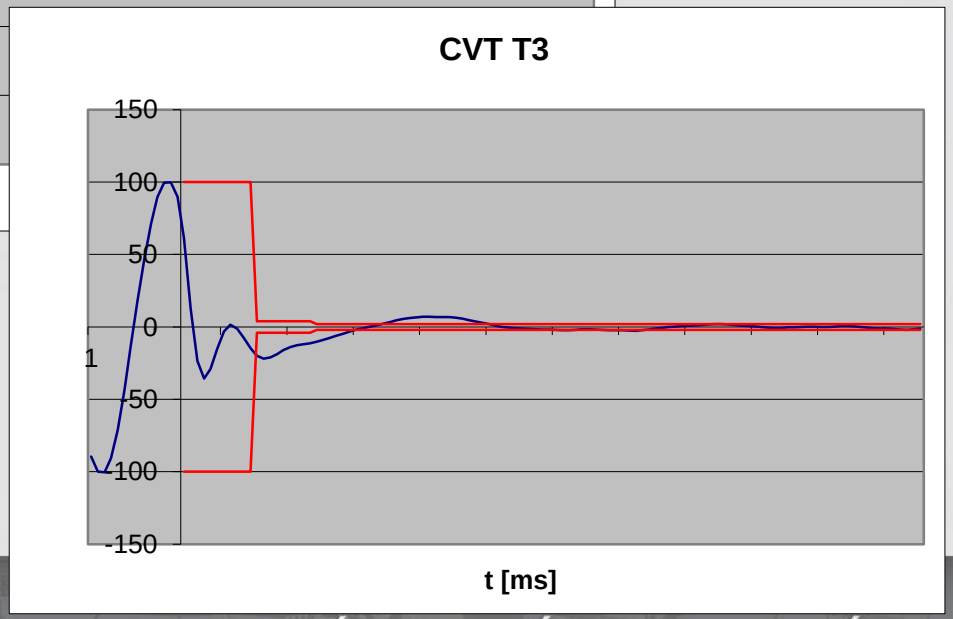
Idegen lengések kikapcsoláskor, (140-150Hz majd 25-30 Hz)

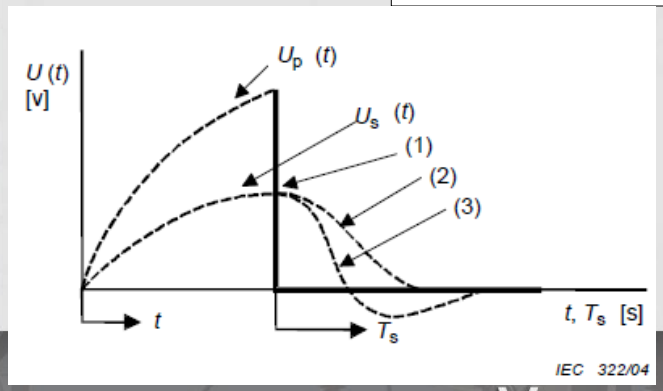
IEC 61869-5

„CVT tranziens viselkedési osztályok”



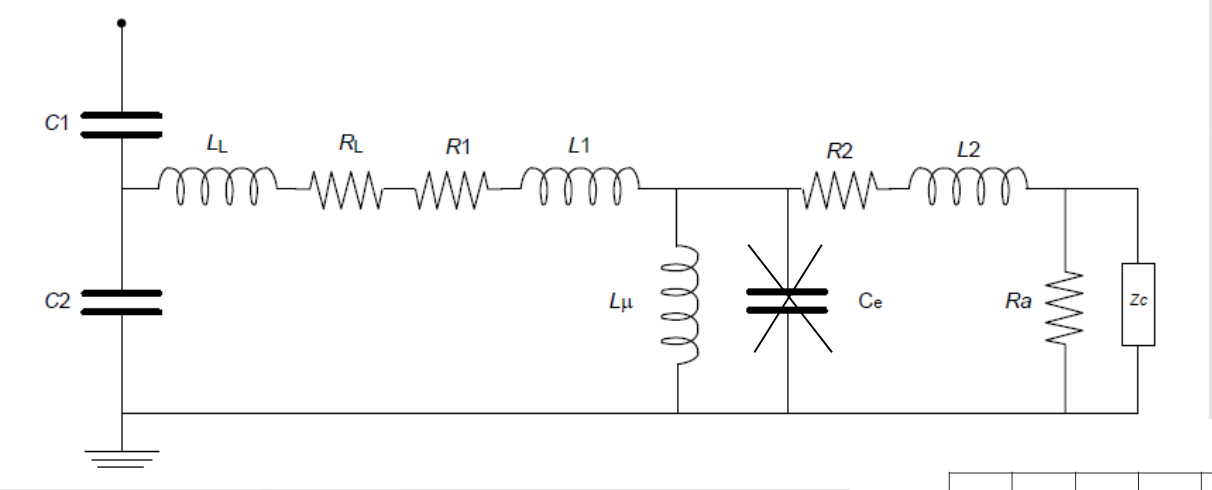


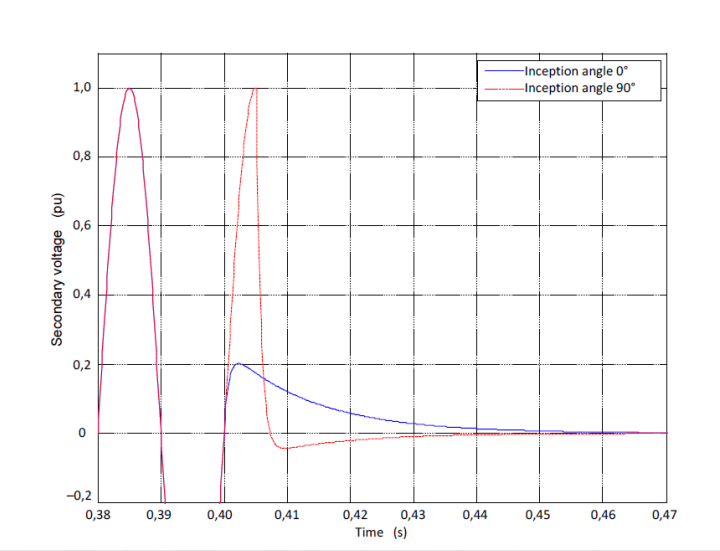




Távolsági védelem

CVT modell az MSZ EN 60255-121 szerint

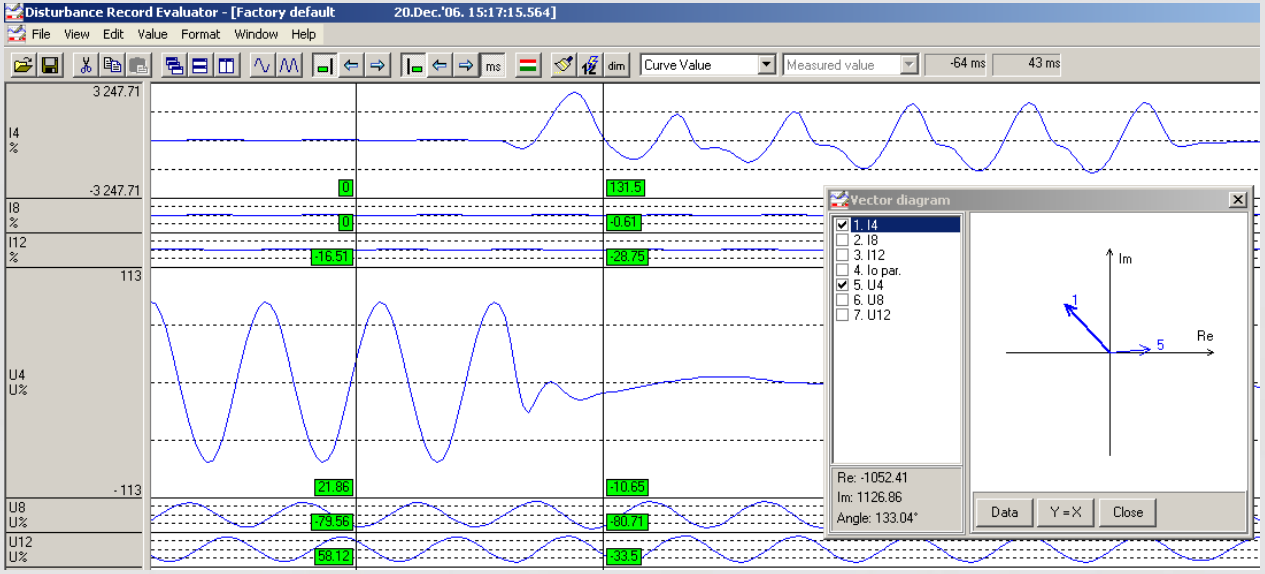




A CVT hatása

I

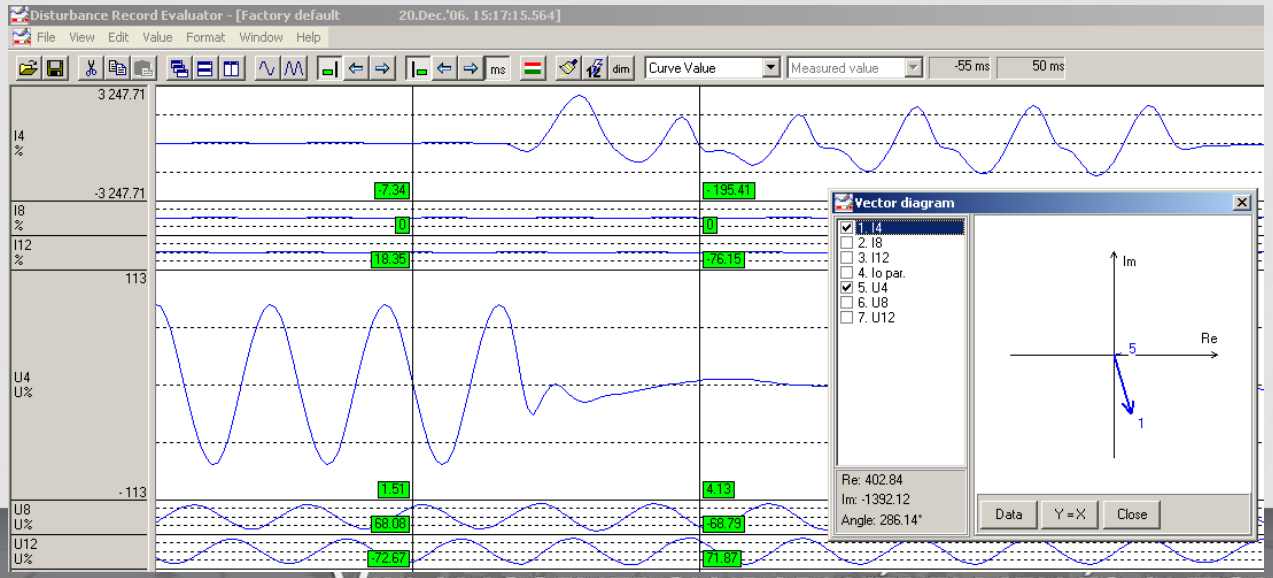
V



Vissza

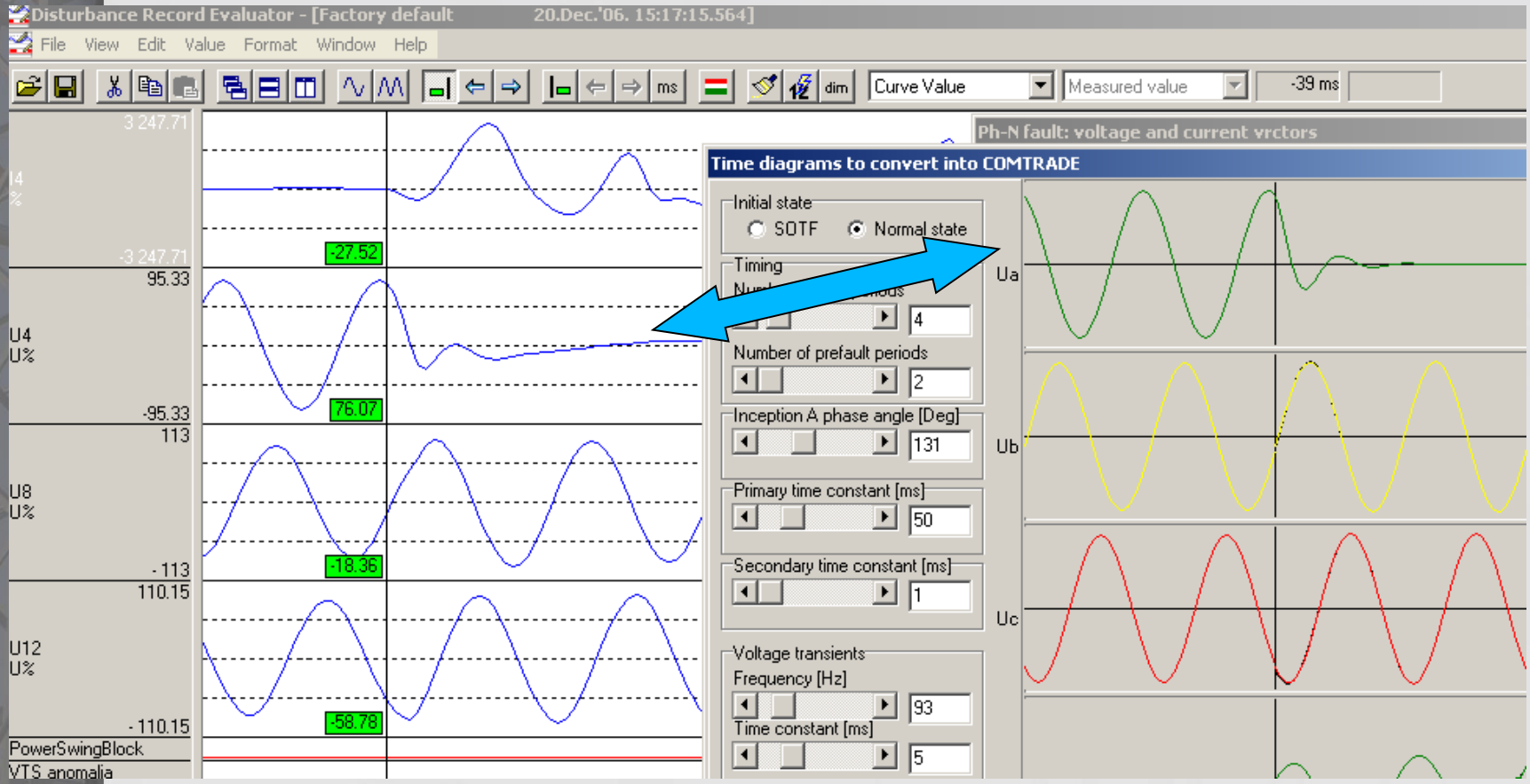
I

V



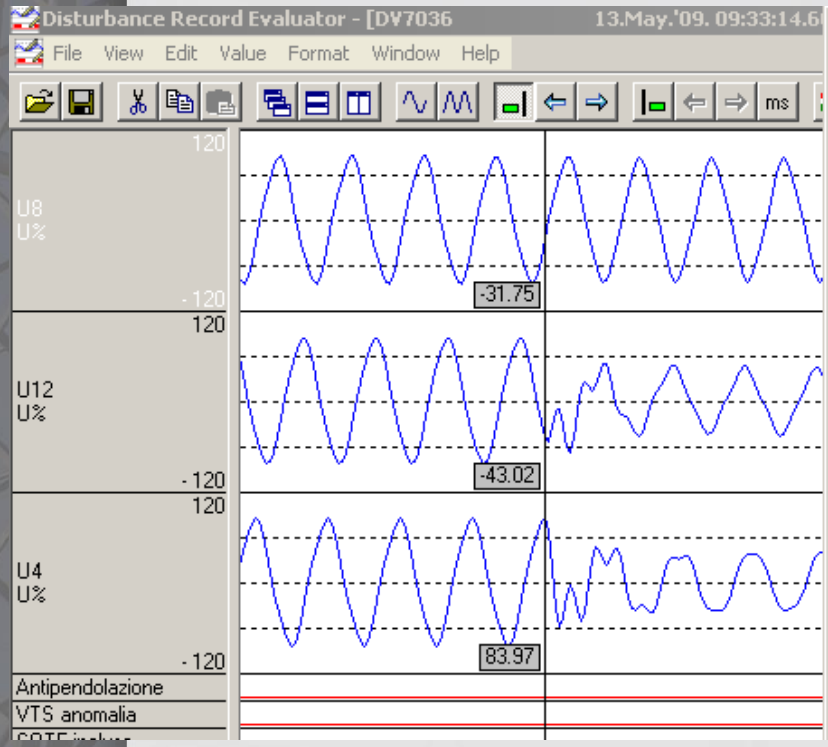
Előre

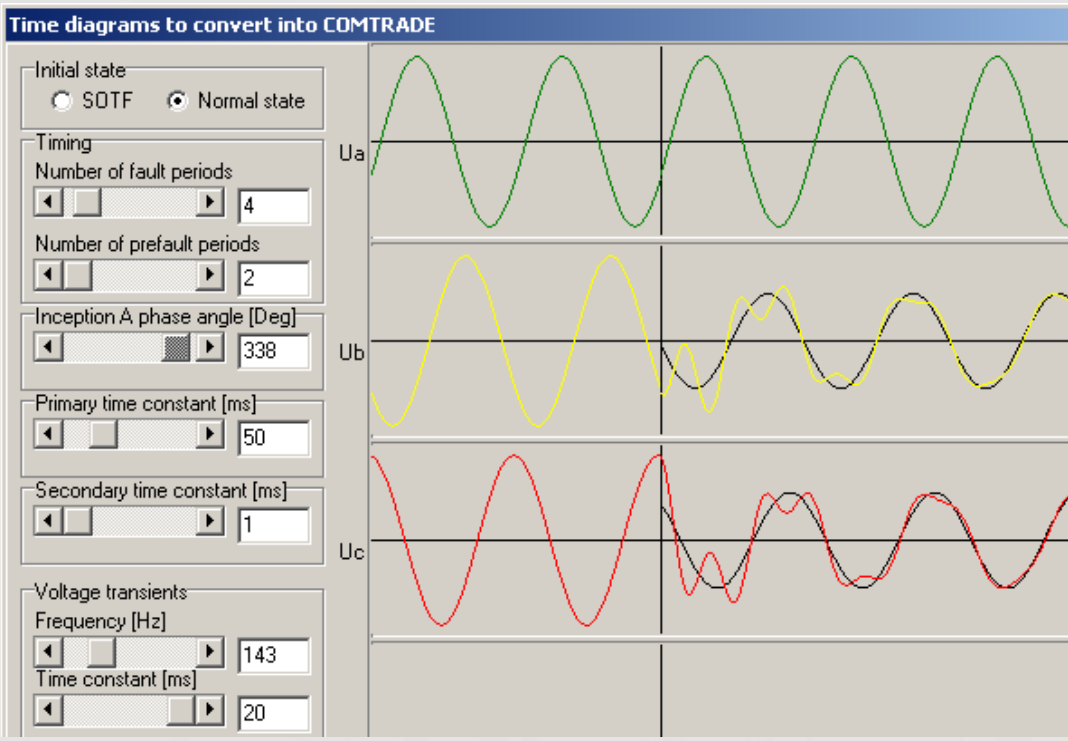
Nem szabványos modell



PROTECTA F061123.zav Modellezett jelalak

Nem szabványos CVT teszt

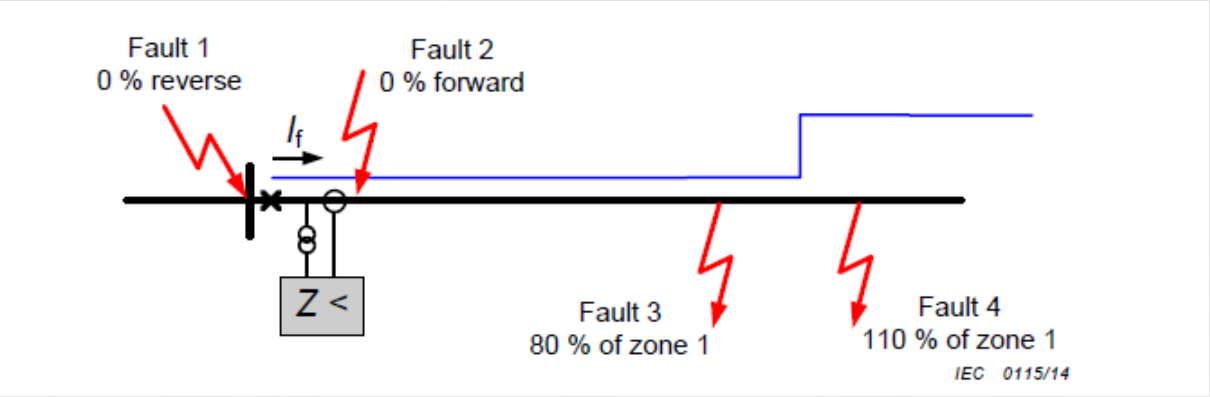




PROTECTA B090515.zav **Modellezett jelalak**

Távolsági védelem

Az áramváltó telítésének hatása (MSZ EN 60255-121:2015)

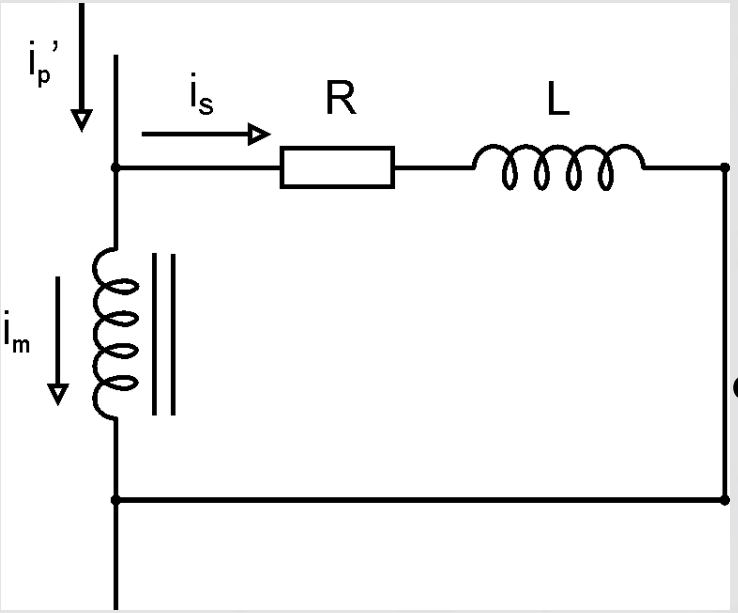


- **Fault 1: az első fokozat ne működjön ÁV telítéskor, mögöttes zárlat esetén**
- **Fault 2: ÁV telítés hatására az első fokozat járulékos késlekedése ne legyen 1 periódusidőnél hosszabb közeli zárlat esetén**
- **Fault 3: ÁV telítés hatására az első fokozat járulékos késlekedése ne legyen 3 periódusidőnél hosszabb fokozathatárhoz közeli (80%) zárlat esetén**
- **Fault 4: az első fokozat ne működjön ÁV telítéskor, a fokozathatár 110%-ánál**

Az áramváltó túlméretezését a legnagyobb igény határozza meg

Távolsági védelem

Az áramváltók tranziens telítése



A mágnesező reaktancia feszültsége

$$u = Ri_s + L\frac{di_s}{dt}$$

A vasmag fluxusa

$$\Phi = \Phi_e + \int_{te}^{t} u dt = \Phi_e + R\int_{te}^{t} i_s dt + L\int_{te}^{t} \frac{di_s}{dt} dt$$

Egyszerűsítve (L=0)

$$\Phi \approx \Phi_e + \int_{te}^{t} u dt = \Phi_e + R\int_{te}^{t} i_s dt$$

Távolsági védelem

Az ÁV telítése

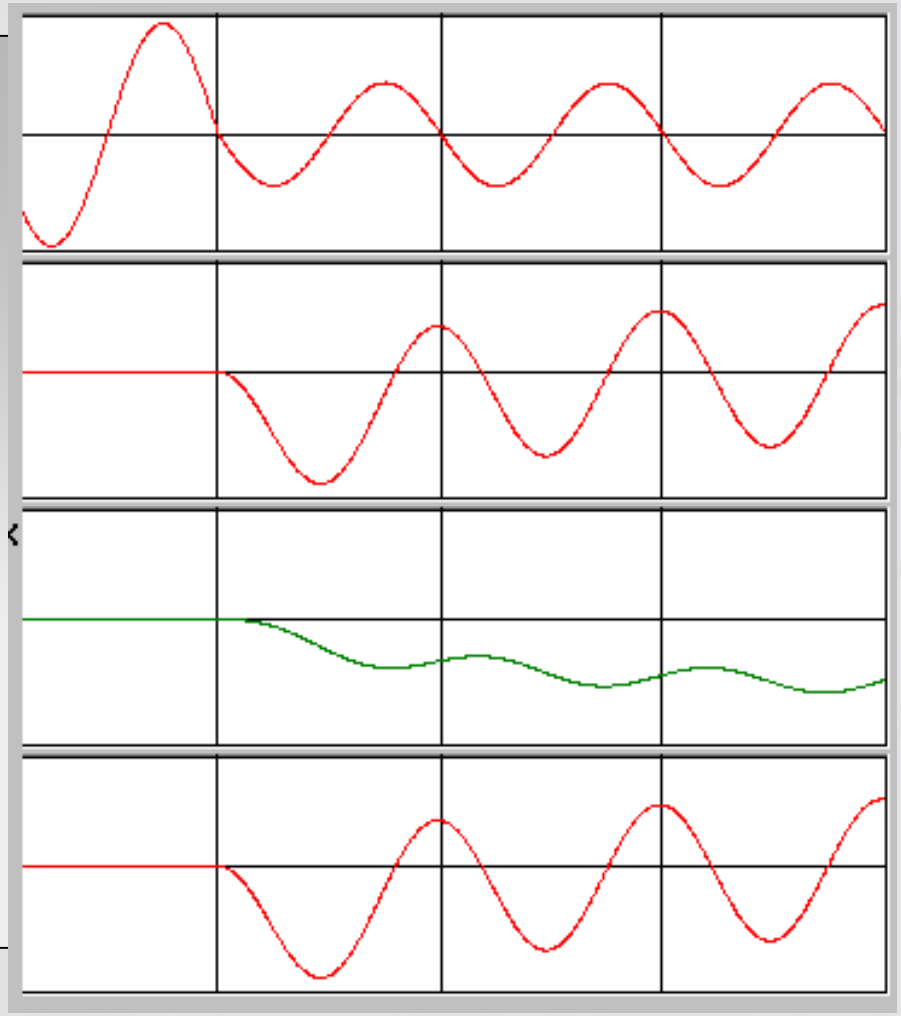
$\mathbf{u_p}$

$\mathbf{i_p}$

fluxus

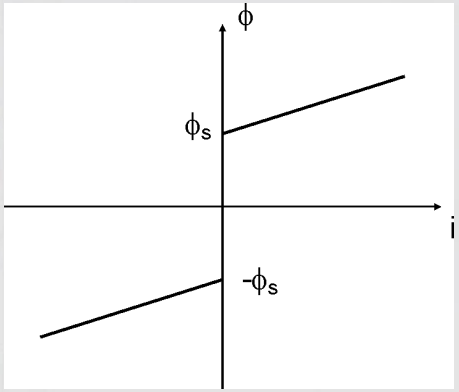
$$\Phi \approx \Phi_e + R\int_{te}^{t} i_s dt$$

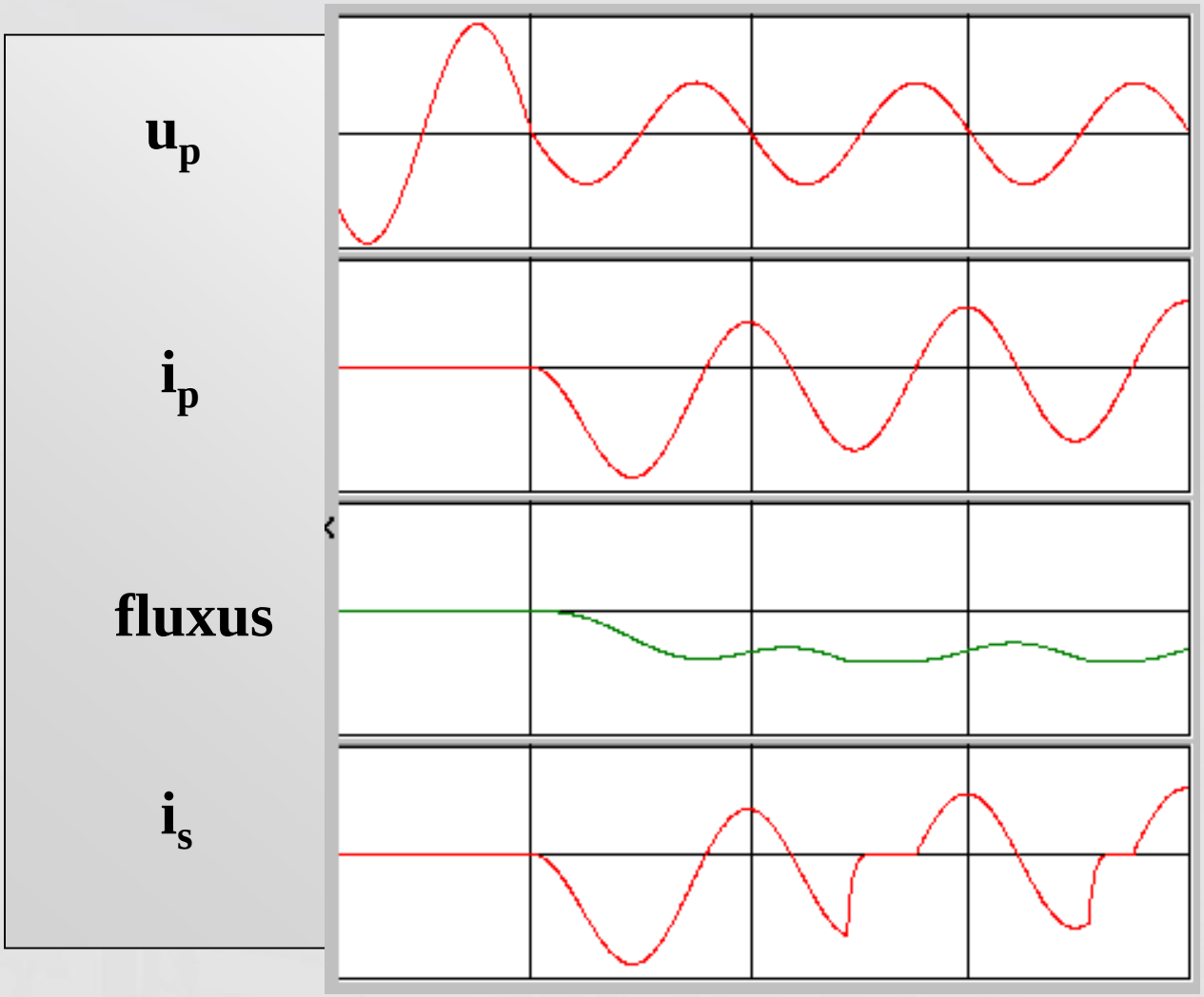
$\mathbf{i_s}$



Távolsági védelem

ÁV telítés

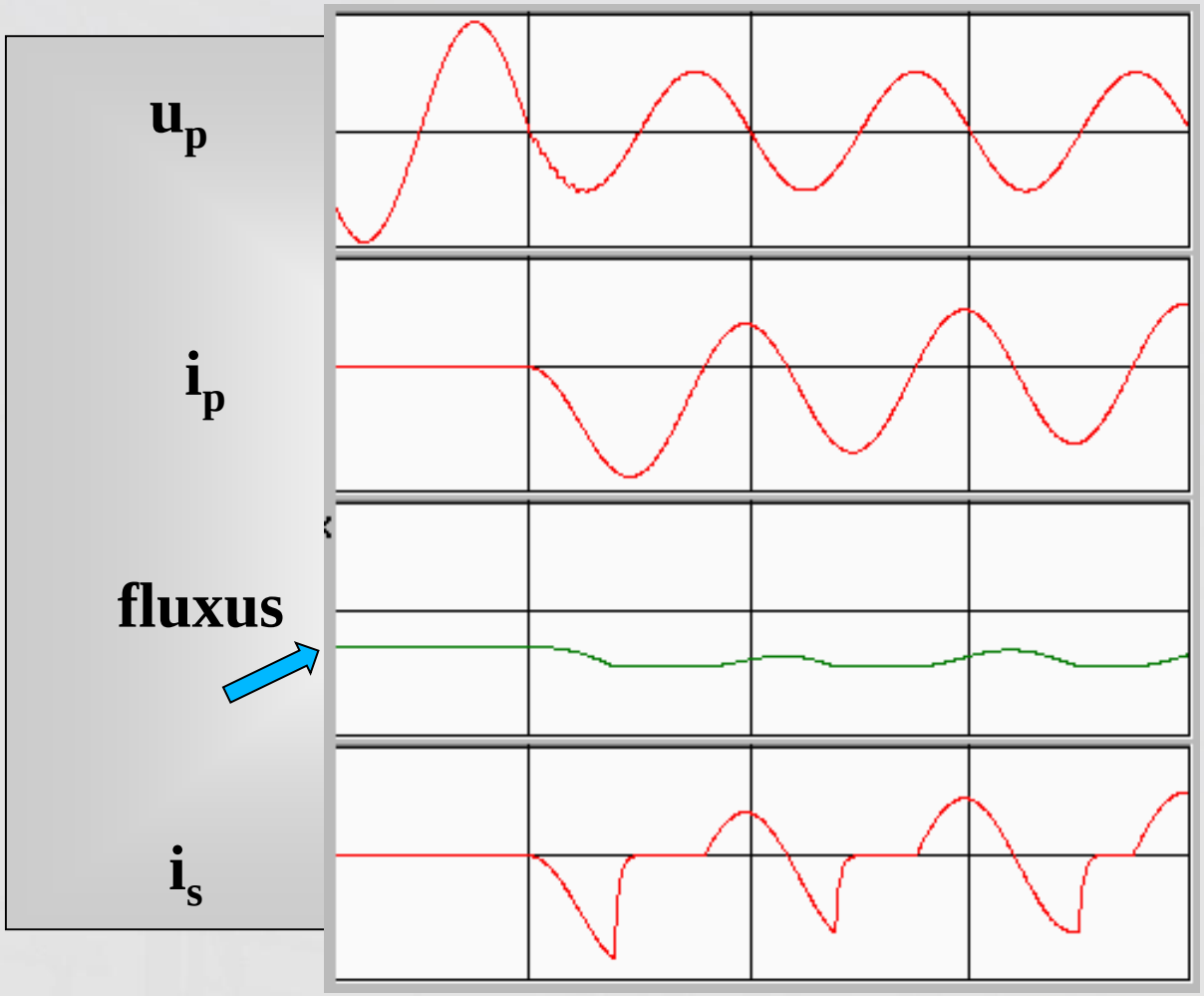




Távolsági védelem

A remanens fluxus hatása

$$\Phi \approx \Phi_e + R\int_{te}^{t} i_s dt$$

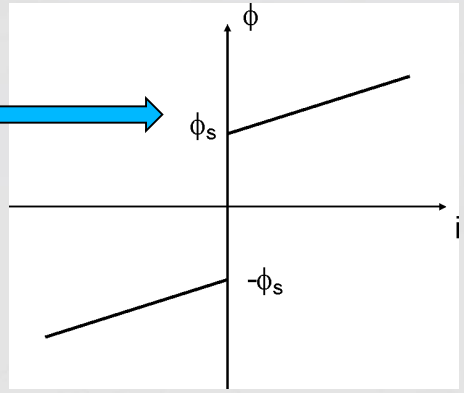


Távolsági védelem

Az áramváltók tranziens telítését befolyásoló tényezők:

$$\Phi \approx \Phi_e + R\int_{te}^{t} i_s dt$$

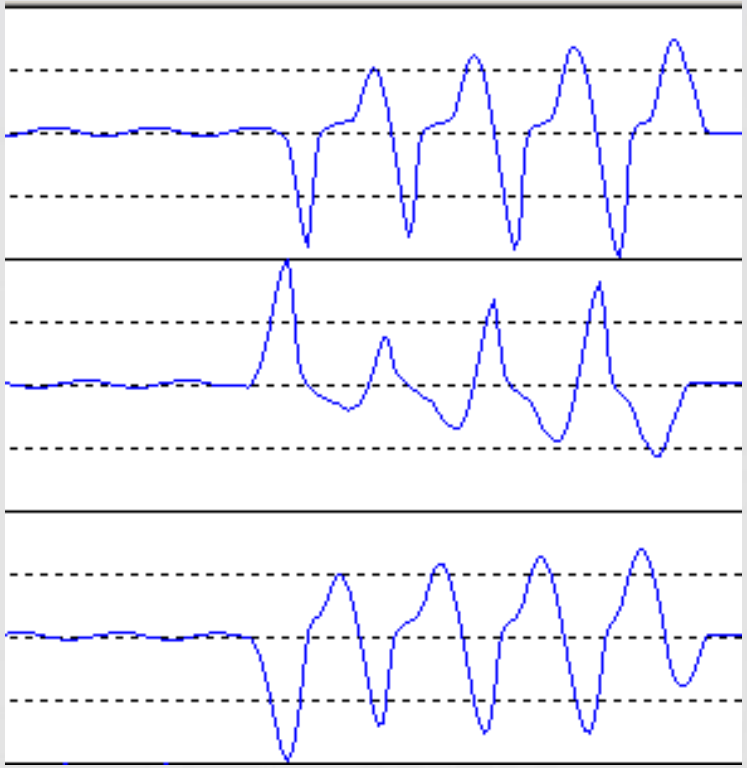
- **A primer áram időfüggvénye (*i*)**
  - **Nagysága**
  - **Fázishelyzete (egyenáramú komp.)**
  - **A primer időállandó**
  - **Zárlatfajta**
- **Az ÁV áttétele (i_p / i_s)**
- **A szekunder kör impedanciája (*R*)**
- **A mágnesezési görbe könyökpontja**
- **A mágnesezési görbe alakja**
- **A remanens fluxus (Φ_e)**



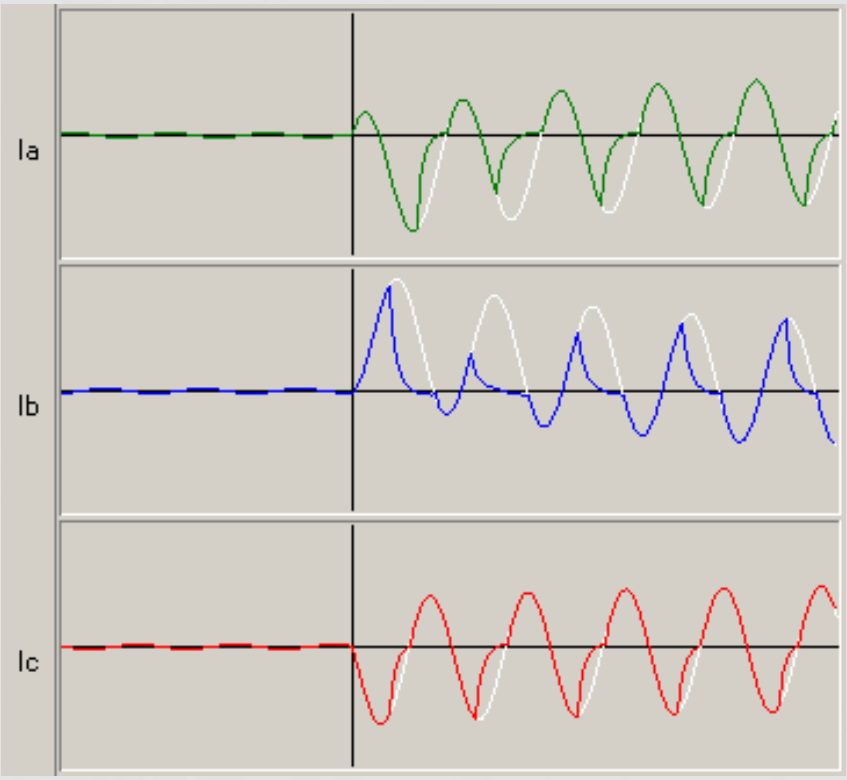
Lásd az ÁRAMVÁLTÓ programot!

Mért és szimulált görbealakok

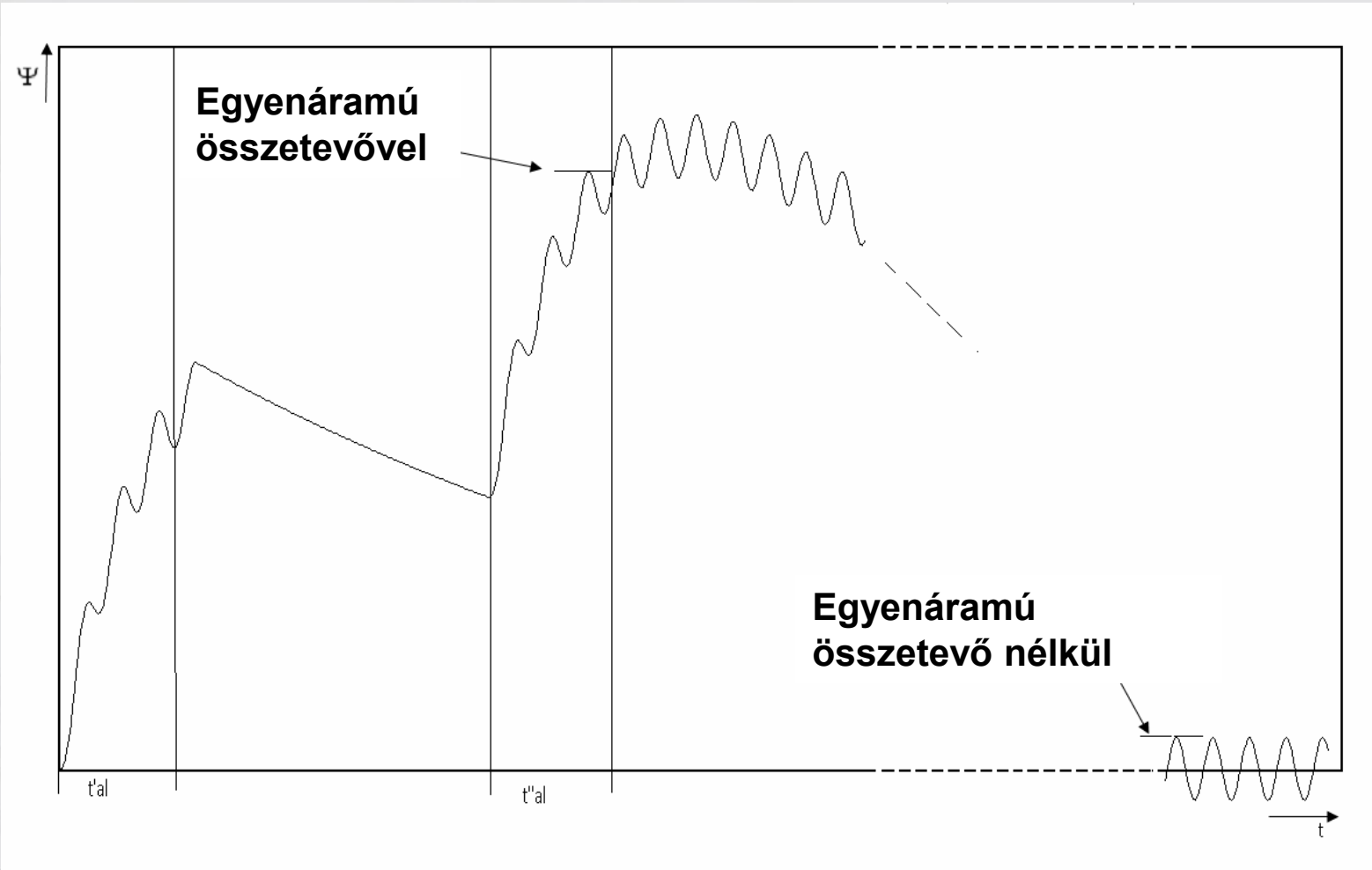
Mért



Szimulált

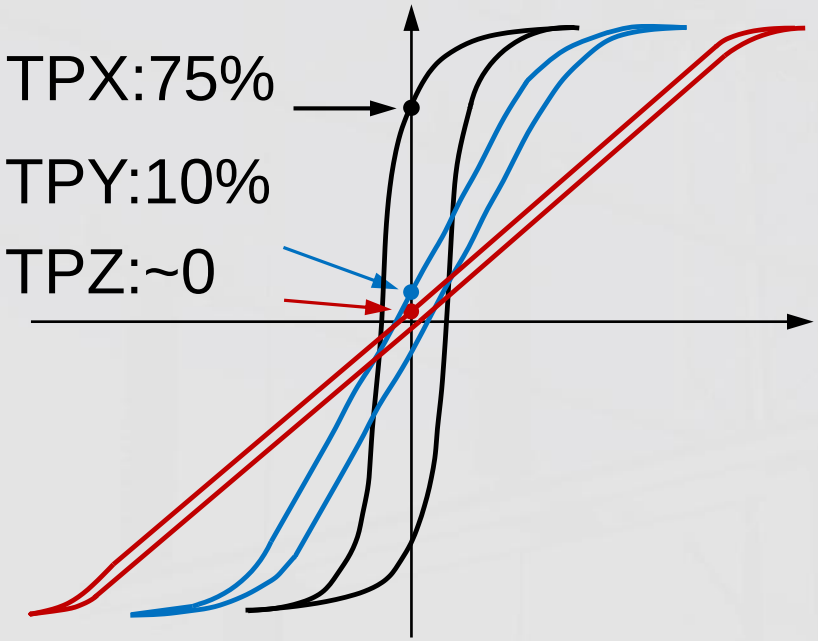


A fluxus gyorsvisszakapcsoláskor

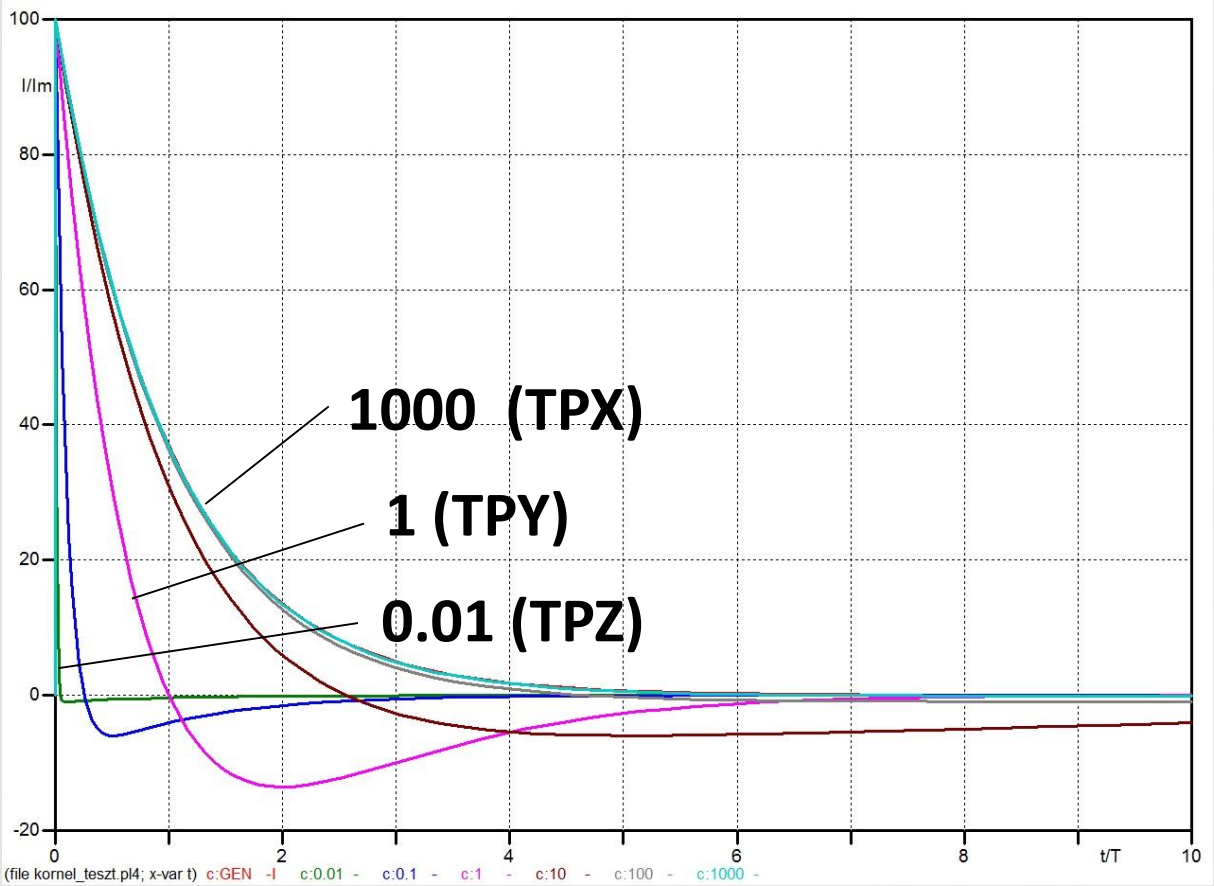


Áramváltó típusok

A lehetséges remanens fluxus

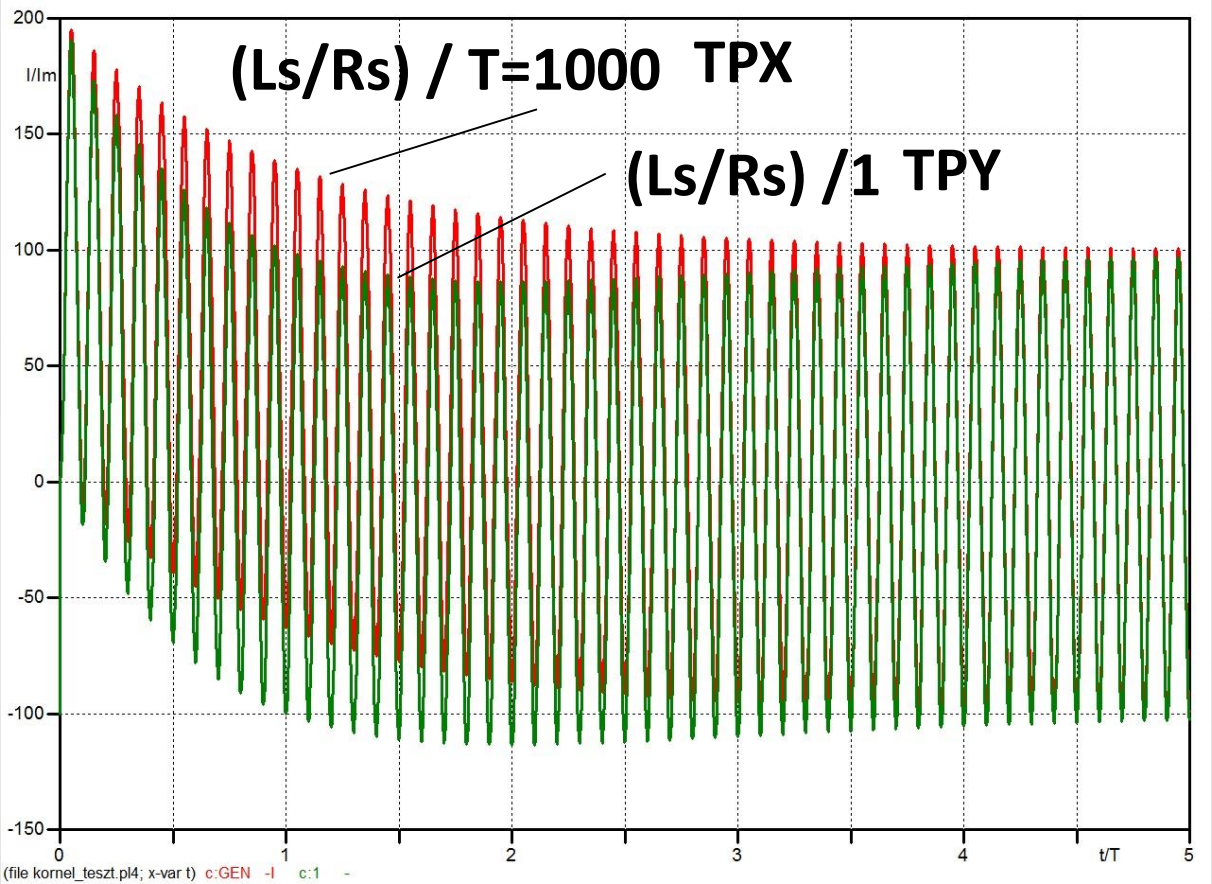


Az egyenkomponens átvitele



Paraméter: (Ls/Rs) / T

Az egyenkomponens átvitele



Szokásos áramváltó adatok

- Ipn/Isn= 600A/1A az áram-áttétel,
- Sbn=30 VA a névleges terhelés,
- 5P20, ahol 5 jelenti a pontossági osztályt,

  P jelenti a védelmi célú alkalmazhatóságot,
  20 a pontossági határtényező (ALF).

  ALF : Névleges terhelés esetén az áramváltó ennyi-szeres névleges szimmetrikus állandósult áramig tartja a megadott pontosságot.

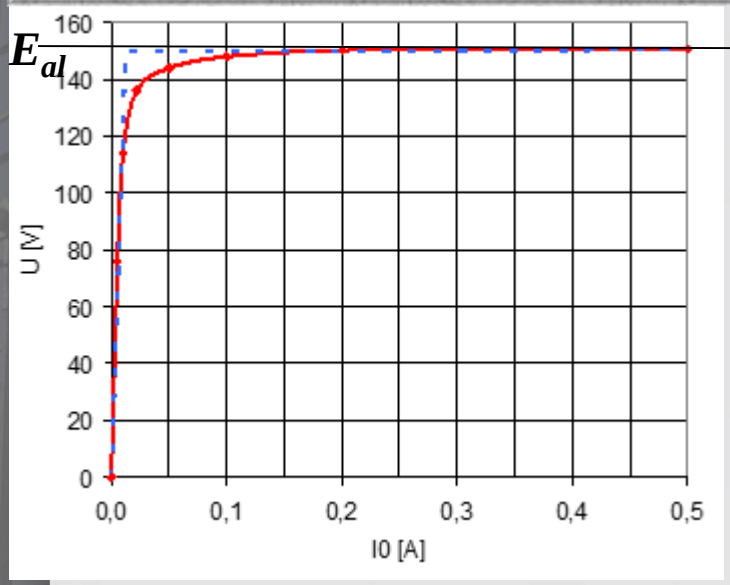
- Rct= ….Ω a szekunder tekercs ellenállása

Ezek állandósult állapotra vonatkozó adatok!

Az áramváltó tranziens méretezését ezekkel az adatokkal kell definiálni!

Áramváltó mérés

Szekunder gerjesztés szinuszos feszültséggel



Könyökfeszültség: E_{al}

Szinuszos áram ne okozzon ennél nagyobb feszültséget!

$$E_{al} = ALF * I_{sn} * (R_{CT} + R_{bn})$$

R_{bn} a névleges terhelésből számítható

Más terhelésnél is ugyanez a korlát:

$$E_{al} = ALF' * I_{sn} * (R_{CT} + R_b)$$

$$ALF' = ALF * \frac{(R_{CT} + R_{bn})}{(R_{CT} + R_b)}$$

R_{CT} hatása!

Fluxus korlát

Könyökfeszültség: $E_{al}\,(eff)$

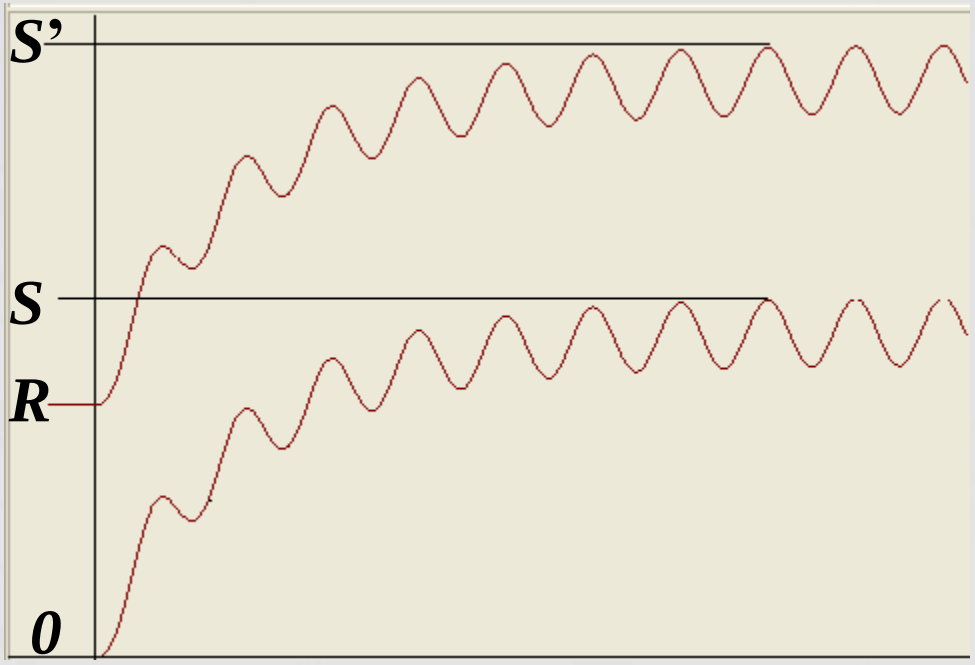
Ez meghatároz egy fluxus csúcsértéket:

$$\phi(t) = \int u(t)dt = \sqrt{2}\,E_{al} \int \sin(\omega t)\,dt = \frac{\sqrt{2}E_{al}}{\omega}\cos(\omega t)$$

$$\phi_{csúcs} = \frac{\sqrt{2}E_{al}}{\omega}$$

Ezt a fluxus csúcsértéket tranziensben sem léphetjük túl, mert az már nagy áram-torzulást okoz.

A remanens fluxus figyelembe vétele



Az ábrából:

$$S' = S + R$$

A túlméretezés:

$$S = K * \hat{\phi}$$

$$S' = K' * \hat{\phi}$$

$$K' = K * \frac{1}{1 - \frac{R}{S'}}$$

$$K_{Rem} = \frac{1}{1 - \frac{R}{S'}}$$

Áramváltó méretezés

A tranziens túlmértetési igényt állandósult állapot méretezésre vezetjük vissza:

$$E_{al} = ALF' * I_{sn} * (R_{CT} + R_b)$$

$$E_{al} = \boldsymbol{K_{zárl}} * \boldsymbol{K_{rem}} * \boldsymbol{K_{tranz}} * I_{sn} * (R_{CT} + R_b)$$

$$\boldsymbol{K_{zárl}} = \frac{I_{pr,zárl}}{I_{pr,névl}}$$

$$\boldsymbol{K_{Rem}} = \frac{1}{1 - \frac{R}{S'}}$$

$\boldsymbol{K_{tranz}}$=**A védelem gyártó tudja megadni**

$$\boldsymbol{E_{ÁV}} \geq E_{al}$$

Elemezzük a tényezőket!

Áramváltó méretezés/1

$$E_{al} = \boldsymbol{K_{zár l}} * \boldsymbol{K_{rem}} * \boldsymbol{K_{tranz}} * I_{sn} * (R_{CT} + R_b)$$

$$R_b = R_{kábel} + R_{relé}$$

$$R_{kábel} = \alpha * \rho * \frac{l}{A}$$

$\alpha_{3F} = 1$ $\alpha_{1F} = 2$

$R_{relé}$	Numerikus védelmeknél kicsi, nem kell teljesítmény
R_{CT}	Kis terhelés esetén fontos lehet, mérhető

Áramváltó méretezés/2

$$E_{al} = \boldsymbol{K_{zár l}} * \boldsymbol{K_{rem}} * \boldsymbol{K_{tranz}} * I_{sn} * (R_{CT} + R_b)$$

$$I_{sn} = 1\boldsymbol{A}, \qquad 5A$$

$$\boldsymbol{K_{zár l}} = \frac{I_{pr,zár l}}{I_{pr,névl}}$$

$I_{prim,zár l}$

Befolyásolja:

- Hibahely
- Hálózat állapota
- Zárlatfajta

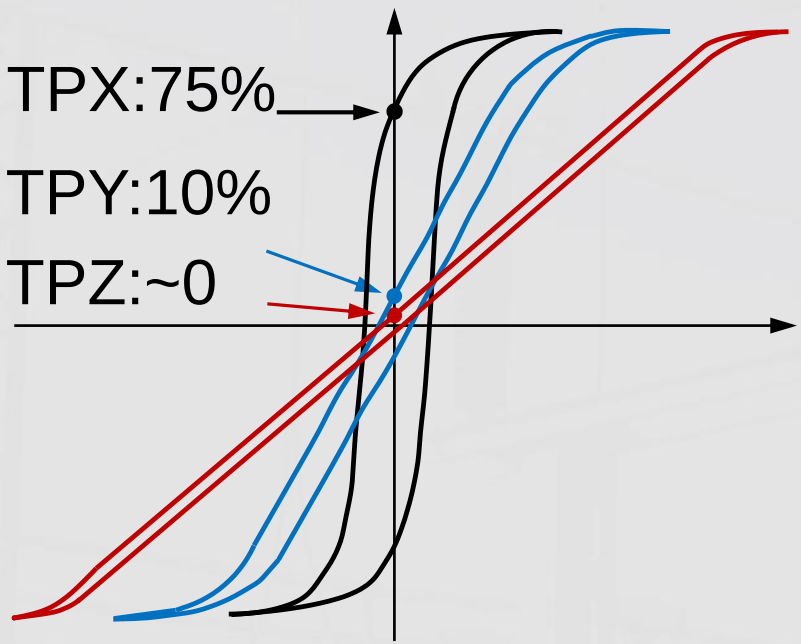
$I_{prim,névl}$

Legyen a várható zárlatnak megfelelő (nem a transzformátor teljesítménye a mérvadó)!

Áramváltó méretezés/3

$$E_{al} = \boldsymbol{K_{zár l}} * \boldsymbol{K_{rem}} * \boldsymbol{K_{tranz}} * I_{sn} * (R_{CT} + R_b)$$

$$\boldsymbol{K_{Rem}} = \frac{1}{1 - \frac{R}{S'}}$$



TPX: $\frac{R}{S'}$ nagy

TPY: $\frac{R}{S'}$ kicsi, de GVA holtidőben még folyik a szekunder áram!

TPZ: $\frac{R}{S'}$ =0, de állandósult hiba és rossz egyen-komponens átvitel

Áramváltó méretezés/4

$$E_{al} = \boldsymbol{K_{zár l}} * \boldsymbol{K_{rem}} * \boldsymbol{K_{tranz}} * I_{sn} * (R_{CT} + R_b)$$

$\boldsymbol{K_{tranz}}$=**A védelem gyártó tudja megadni**

Követelmények:

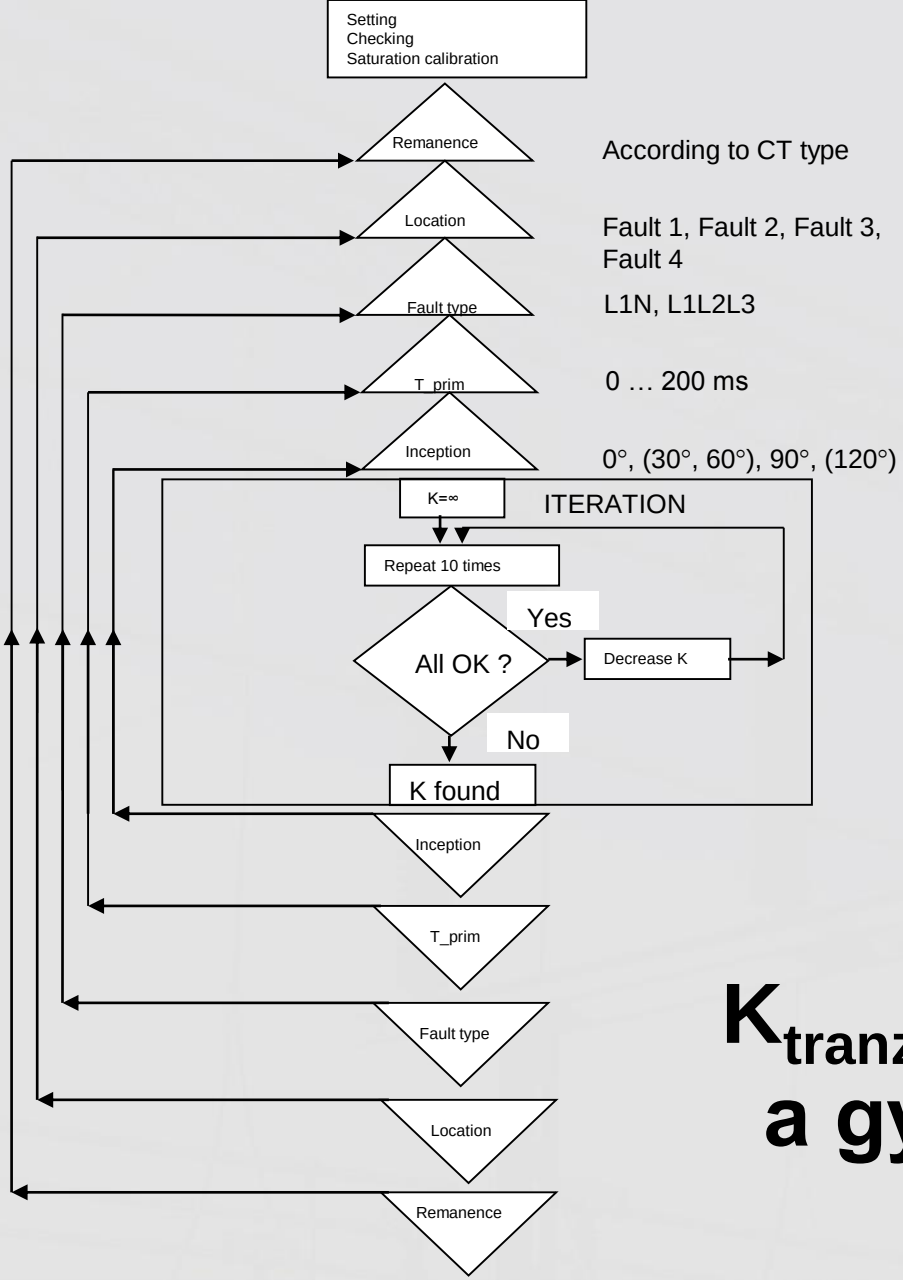
- Külső zárlatra a táv. védelem ne szólaljon meg
- Belső zárlatra ne késlekedjen lényeges mértékben

Befolyásolja:

- Hibahely
- Hálózat időállandója
- A zárlat bekövetkeztének szöge
- Zárlatfajta

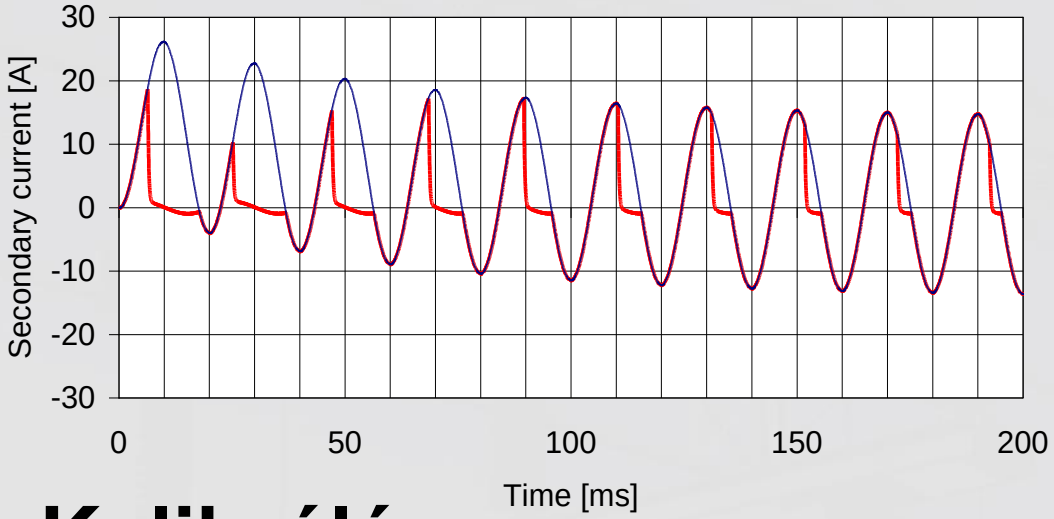
Javít a túlméretezési igényen:

- Speciális algoritmusok

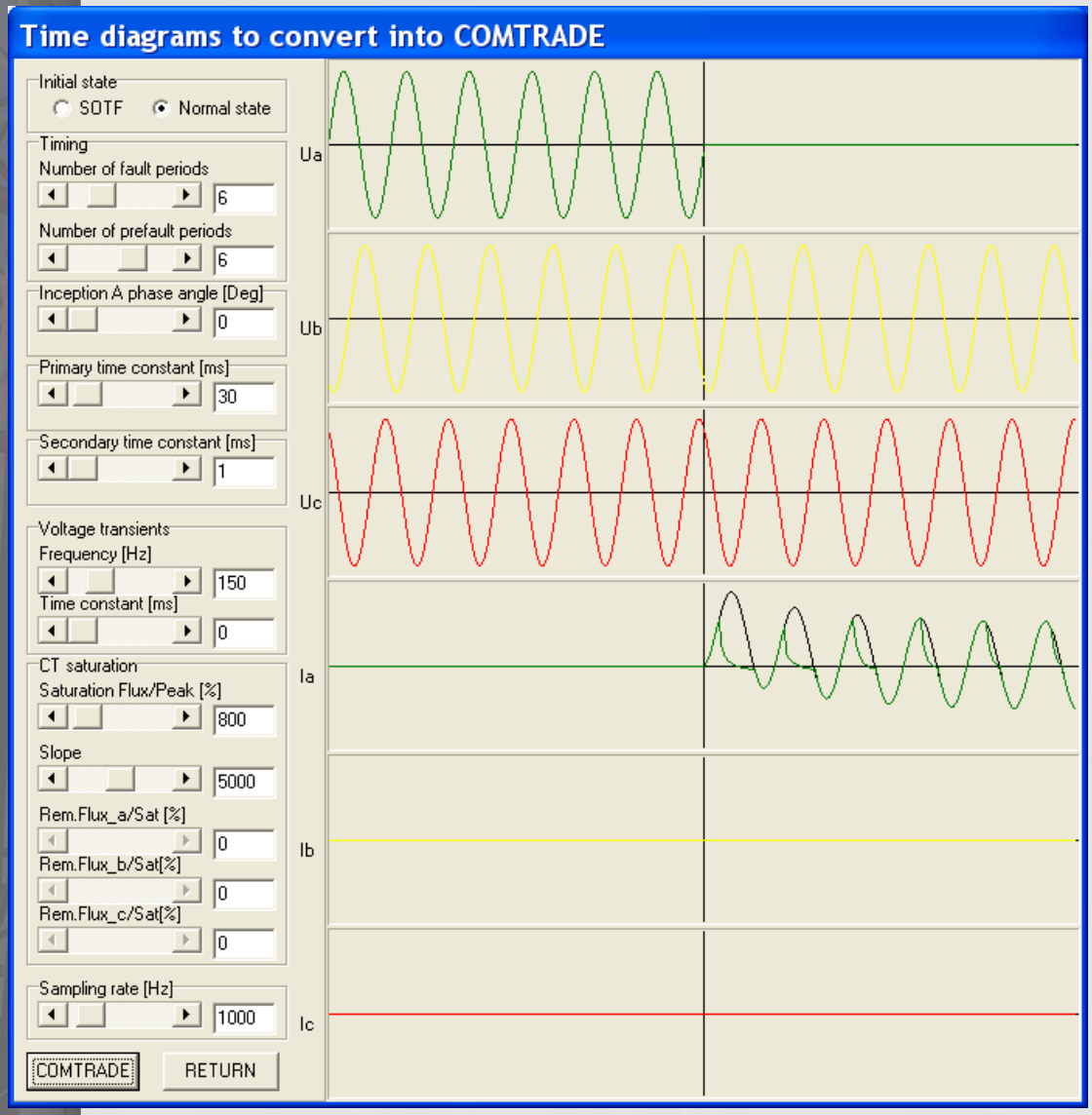


K_{tranz} megkeresése a gyártó feladata

A telített jelalak kalibrálása Szabvány szerint



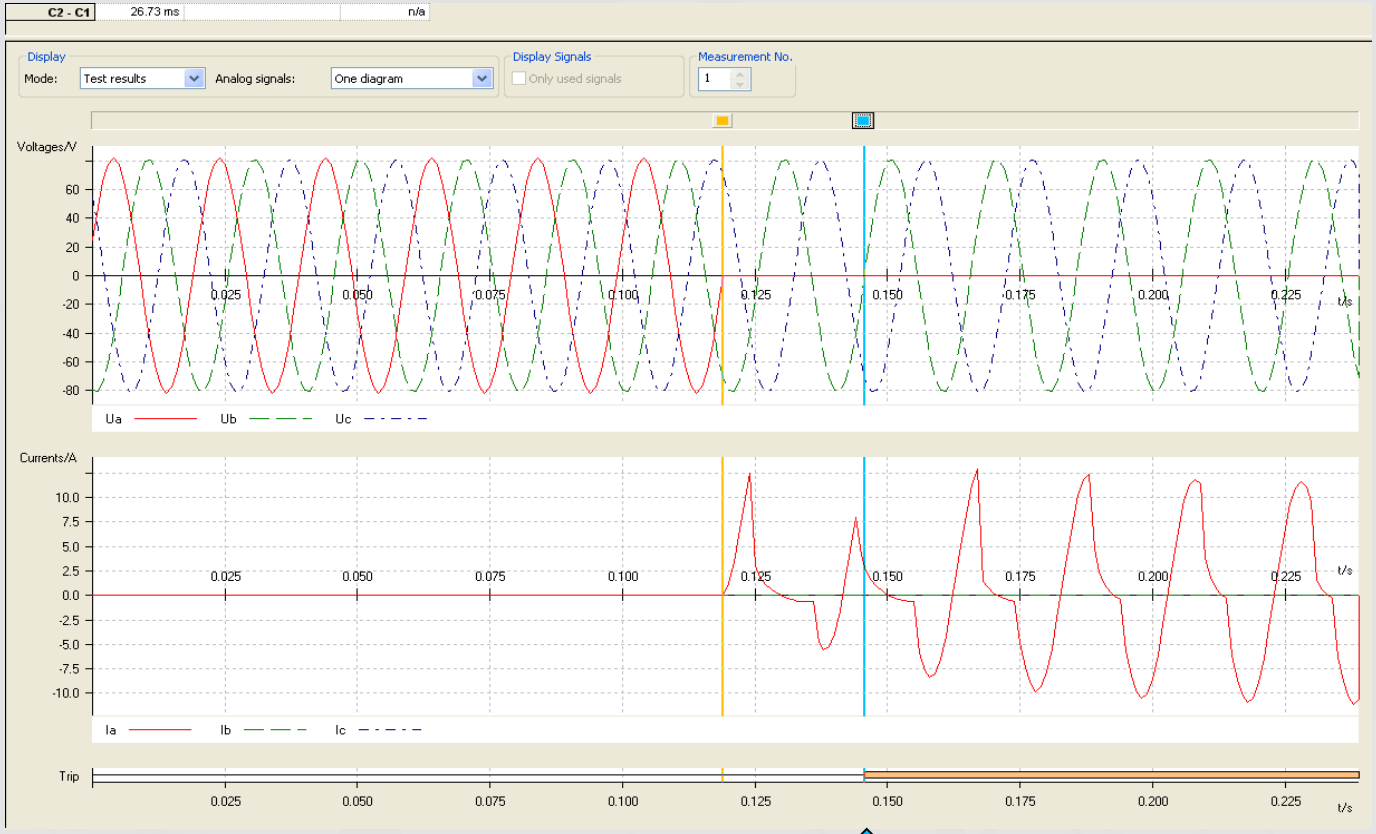
Kalibrálás



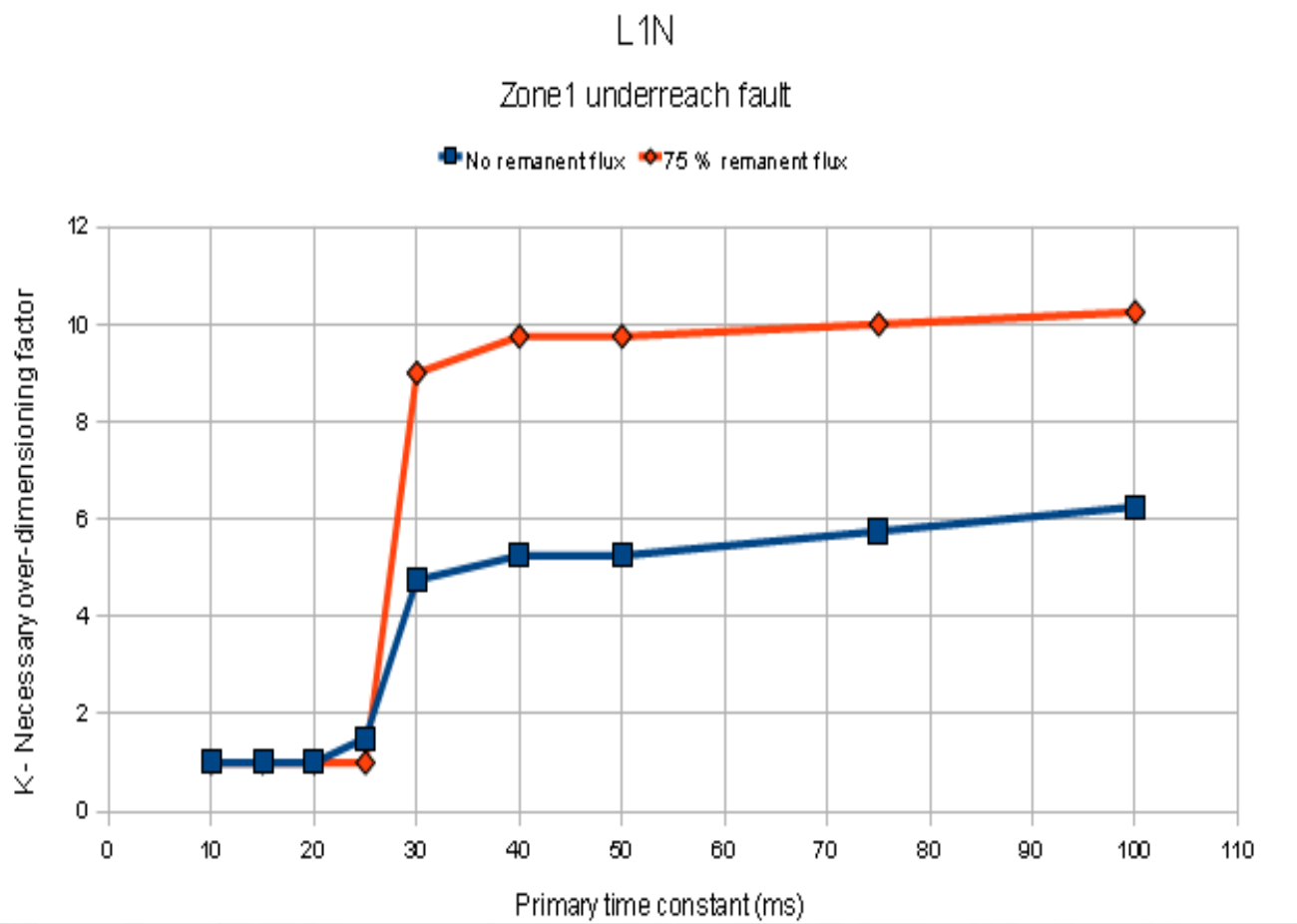
A telített jelalak előállítása

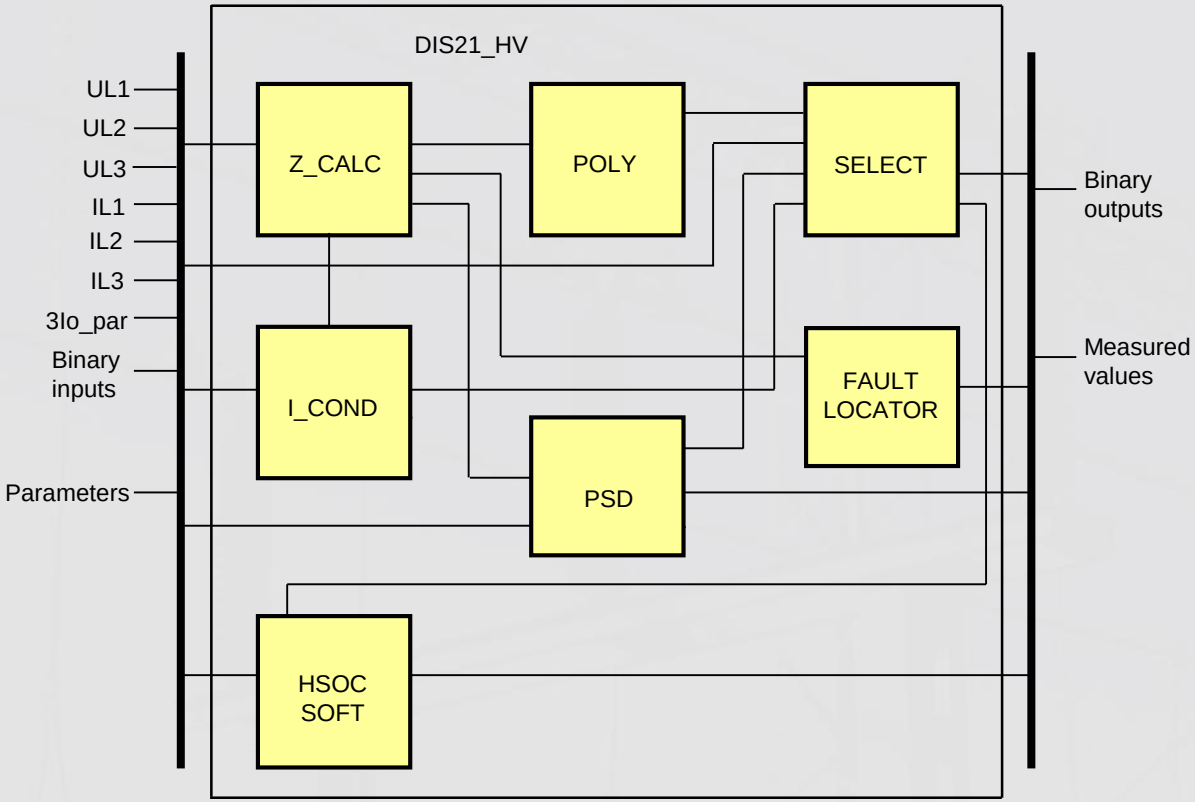
Lásd a DistTest demo programot

Visszajátszás védelemvizsgálóval



Példa: FN zárlat a fokozathatáron belül (Fault 3)




DIS21_HV
UL1
UL2
UL3
IL1
IL2
IL3
3Io_par
Binary inputs
Parameters
Z_CALC
POLY
SELECT
I_COND
FAULT LOCATOR
PSD
HSOC SOFT
Binary outputs
Measured values

Kettős földzárlat nem mereven földelt hálózaton

Két vezetéket érintő kettős földzárlatra csak az egyiket kell kikapcsolni, a másik FN zárlatot a Petersen oltja (?)

A vonali hurok szokásos mérése 2F zárlatkor

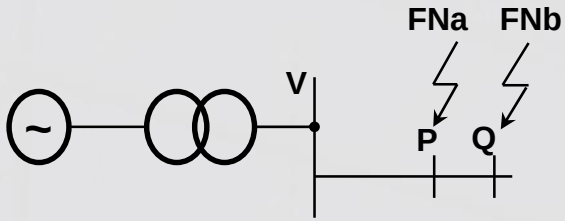
$$Z_{ab} = \frac{U_a - U_b}{I_a - I_b} =$$

Mivel 2F zárlat esetén $I_a = -I_b$

$$Z_a = \frac{U_a - U_b}{2I_a} = \frac{U_a - U_b}{-2I_b} = Z_b$$

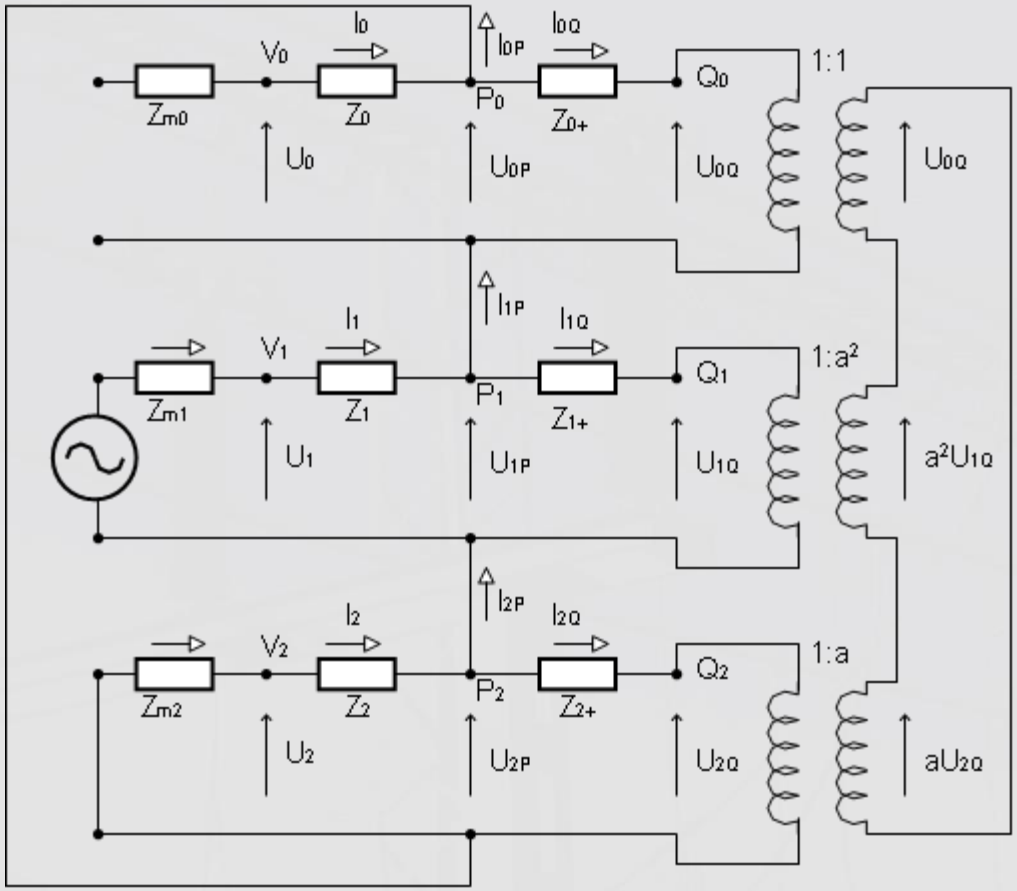
Ezek a „kiválasztó egyenletek”
A hálózat minden készülékében ugyanazt kell alkalmazni a kiválasztásra. Legyen ez $\boldsymbol{Z_a}$

Kettős földzárlat egy leágazásban

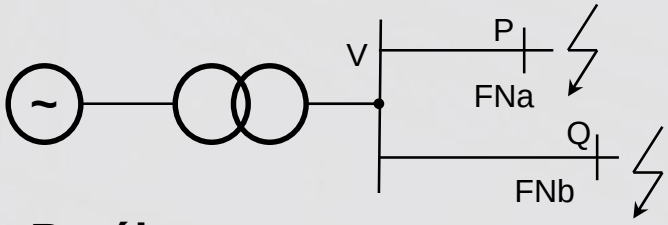


$$Z_a = \frac{U_a - U_{\boldsymbol{b}}}{2I_a} = Z_1 + \frac{2Z_{1+} + Z_{0+}}{6}$$

Az átlagos impedanciánál kissé nagyobbat mér, de kioldást ad.



Kettős földzárlat két leágazásban

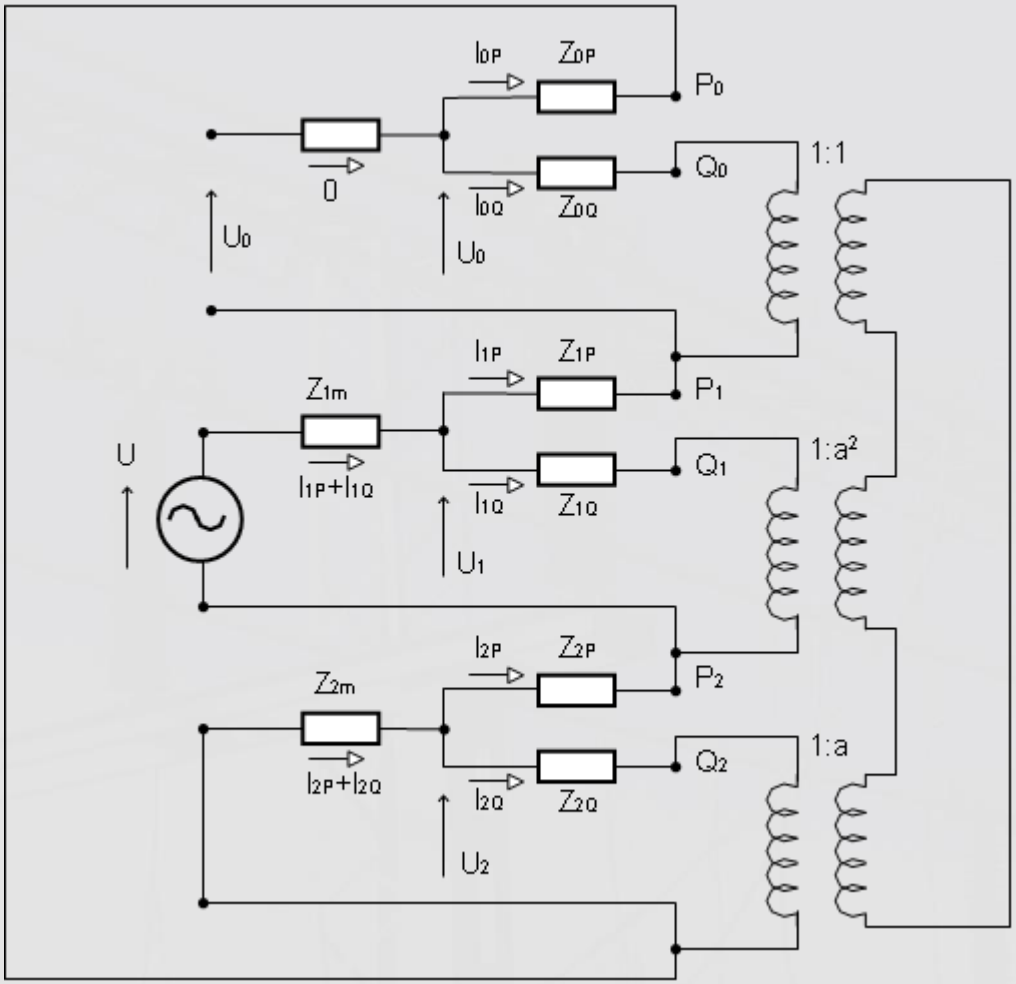


P-nél van I_a

$$Z_a = \frac{U_a - U_b}{2I_a} = \frac{Z_{1P} + Z_{1Q}}{2}$$

Az átlagos impedanciát méri, kioldást ad

Q-nál nincs I_a

Nem mér, nem old ki.

Csak P kapcsol ki,
Q földzárlatát a Petersen háríthatja