

EUROPROT +

Beállítási útmutató a DIS21_V1.1 távolsági
védelmi funkcióhoz

PROTECT
HUNGARY

Budapest, 2014. november

Felhasználói kézikönyv, változat-információ

Változat	Dátum	Módosítás	Összeállította
Version V1.0	11.07.2013.	First edition	Petri
Verzió V1.0	2014.11.03.	Első változat	Póka

TARTALOM

1	A DIS21_V1.0 távolsági védelmi funkció beállítása	4
1.1	A poligon karakterisztika beállítási útmutatója	4
1.1.1	A távolsági védelem karakterisztikája az impedancia síkon	4
1.1.2	Paraméterek	4
1.1.3	Beállításszámítási útmutató	8
1.2	A távolsági védelmi funkció üzemét befolyásoló bináris paraméterek	19
1.2.1	A távolsági védelmi funkció bináris paraméterei	19
1.3	A távolsági védelmi funkció áram-feltételei	23
1.3.1	Az áram-feltételek paraméterei	23
1.3.2	Az impedanciaszámításhoz szükséges ébresztő áramérték beállítása	24
1.3.3	A zérus sorrendű áramhatár beállítási útmutatója	24
1.4	A lengészár beágyazott funkciója	25
1.4.1	A lengészár paraméterei	25
1.4.2	A lengészár beállítási útmutatója	27
1.5	A hibahelyi távolság számítása	33
1.5.1	Paraméterek a hibahelyi távolság számításához	33
1.5.2	Beállítási útmutató	33
1.6	Gyors túláramvédelmi funkció zárlatra kapcsolási logikával	34
1.6.1	A zárlatra kapcsolási logika paraméterei	34
1.6.2	Beállítási útmutató	34
1.7	Néhány különleges alkalmazás beállítási útmutatója	35
1.7.1	Többvégpontú átviteli vezeték	35
1.7.2	Párhuzamos vezeték torzítása	36
2	Függelék: A teljesítményátvitel és a hibahelyi ellenállás miatti impedanciatorzulás kompenzálása	37
2.1	Számítás háromfázisú zárlatra	37
2.1.1	A zárlat előtti teljesítményátvitel modellje	37
2.1.2	Háromfázisú zárlat modellje	38
2.1.3	Háromfázisú zárlat szuperpozíciója	39
2.1.4	Impedanciaszámítás	39
2.2	Számítási példa	40
2.3	Aszimmetrikus zárlat hatása	42
2.3.1	A zárlat előtti teljesítményátvitel modellje	42
2.3.2	Egyfázisú földrövidzárlat modellje	42
2.3.3	Egyfázisú földrövidzárlat szuperpozíciója	42
2.3.4	Impedanciaszámítás	43
2.4	Számítási példa	43

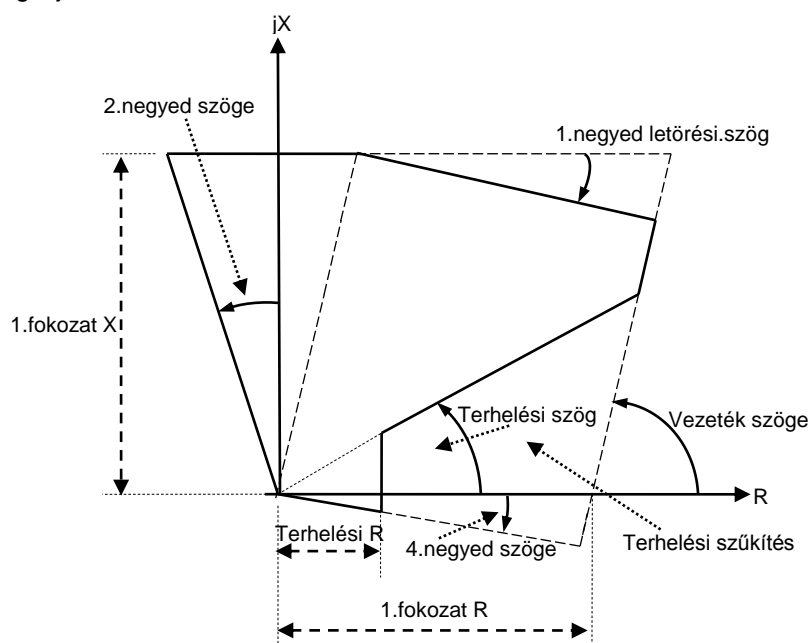
1 A DIS21_V1.0 távolsági védelmi funkció beállítása

1.1 A poligon karakterisztika beállítási útmutatója

1.1.1 A távolsági védelem karakterisztikája az impedancia síkon

A DIS21_V1.0 távolsági védelmi funkció hat mérőhurokban számolja a pozitív sorrendű impedanciát. A számított $R1$ és $X1=\omega L1$ koordináta-értékek az impedancia síkon hat pontot határoznak meg. A védelmi funkció összehasonlítja ezeket a pontokat a távolsági védelem „poligon” karakterisztikájával (lásd az 1-1. ábrán).

Az „1. fokozat R” és az „1. fokozat X” beállítási értékek a zárlati hurok pozitív sorrendű impedanciáját jelentik. Az ellenállásérték az esetleges villamos ív pozitív sorrendű hibahelyi ellenállását és – földrövidzárlat esetén – a pozitív sorrendű oszlopföldelési ellenállást is magában foglalja.



1.1. ábra A DIS21_V1.0 távolsági védelmi funkciópoligon karakterisztikája az impedancia síkon (példa: 1. fokozat)

Ha a mért érték az 1-1. ábra poligon karakterisztikáján belül van, akkor az algoritmus a megfelelő kimeneti bináris jelet „Igaz” értékre váltja.

A DIS21_V1.0 távolsági védelmi funkciónak öt fokozata van, mindegyik karakterisztikája poligon. A hat fokozatnak függetlenül állítható paramétereik vannak.

1.1.2 Paraméterek

A távolsági védelmi funkció kiértékeléséhez szükséges poligon karakterisztikák paramétereit az alábbi táblázatok mutatják.

Felsorolt típusú paraméterek

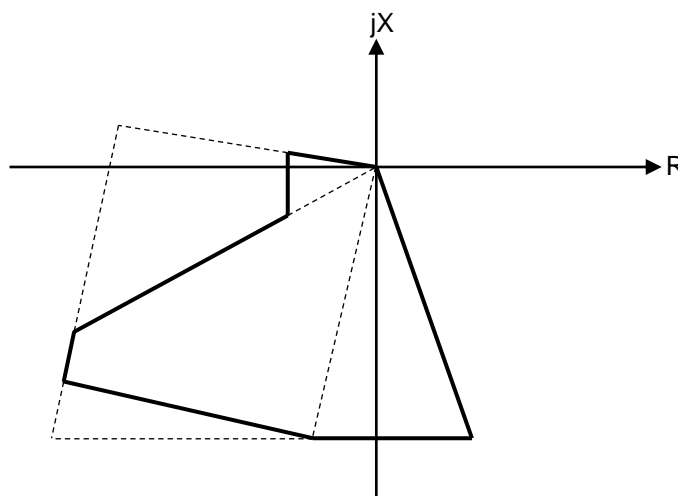
A fokozatok felsorolt típusú paramétereit (lásd 1-1. táblázat) az egyes fokozatok egyenkénti élesítésére és bénítására, valamint irányításának beállítására szolgál:

- „Előre” beállításnál a poligon karakterisztika irányítása az 1-1. ábra szerinti,
- „Hátra” beállításnál a poligon karakterisztika irányítása az 1-2. ábra szerinti,
- „Nem irányított” beállításnál a kibővített poligon karakterisztika az 1-3. ábra szerinti.

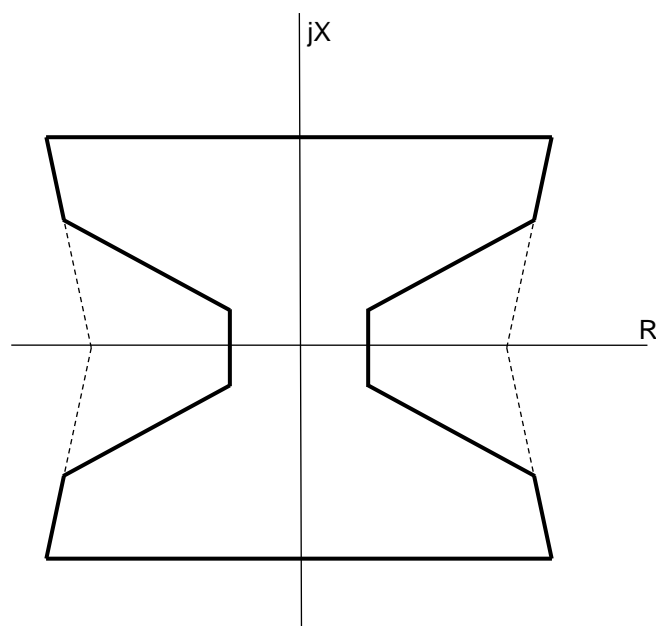
Megjegyzés: az 1. fokozatot nem lehet „Nem irányított” paraméterre beállítani. A többi fokozatra a felhasználó dönti el a szükséges irányítást.

Paraméter neve	Elnevezés	Választási lehetőség	Alap-értelmezés
Paraméterek az egyes fokozatok irányítottságának kiválasztására:			
DIS21_Z1_EPar_	1.fokozat üzemmód	Kikapcsolva, Előre, Hátra	Előre
DIS21_Z2_EPar_	2.fokozat üzemmód	Kikapcsolva, Előre, Hátra, Nem irányított	Előre
DIS21_Z3_EPar_	3.fokozat üzemmód	Kikapcsolva, Előre, Hátra, Nem irányított	Előre
DIS21_Z4_EPar_	4.fokozat üzemmód	Kikapcsolva, Előre, Hátra, Nem irányított	Előre
DIS21_Z5_EPar_	5.fokozat üzemmód	Kikapcsolva, Előre, Hátra, Nem irányított	Hátra

1-1. táblázat. A távolsági védelem felsorolt típusú paramétereit



1-2. ábra. A távolsági védelmi funkció poligon karakterisztikája “Hátra” beállítás esetén (példa: 1. fokozat)



1-3. ábra. A távolsági védelmi funkció 2...5 fokozatának polygon karakterisztikája
 „Nem irányított” beállítás esetén

Logikai paraméterek

A távolsági védelmi funkció logikai paramétereit az 1-2. táblázat mutatja. Ezek a paraméterek azt határozzák meg, hogy az egyes fokozatok működésekor kioldó parancs jöjjön létre (0), vagy csak megszólalás- (ébresztés-) jelzés (1). A paraméterek alapértelmezése a kioldó parancs. Speciális alkalmazás igényelheti a kioldó parancs bénítását.

Megjegyzés: ha a megszólalás jelzés bénítása is szükséges, akkor a „Üzem mód” paraméterre (1-1. táblázat) „Kikapcsolt” állást kell választani.

Paraméter neve	Elnevezés	Alap- értelmezés	Magyarázat
DIS21_Z1St_BPar_	1.fok.csak megszólalás	0	0 azt jelenti, hogy az 1. fokozat kioldó parancsot ad
DIS21_Z2St_BPar_	2.fok.csak megszólalás	0	0 azt jelenti, hogy a 2. fokozat kioldó parancsot ad
DIS21_Z3St_BPar_	3.fok.csak megszólalás	0	0 azt jelenti, hogy a 3. fokozat kioldó parancsot ad
DIS21_Z4St_BPar_	4.fok.csak megszólalás	0	0 azt jelenti, hogy a 4. fokozat kioldó parancsot ad
DIS21_Z5St_BPar_	5.fok.csak megszólalás	0	0 azt jelenti, hogy a 5. fokozat kioldó parancsot ad

1-2. táblázat. A távolsági védelmi funkció logikai paramétereit

Lebegőpontos paraméterek.

Az 1-3. táblázatban felsorolt lebegőpontos paraméterek határozzák meg az egyes fokozatok poligon karakterisztikáinak (1-1. ábra) fő jellemzőit.

Ezeket a paramétereket a védett távvezeték vagy kábel adataiból a fokozatok beállításszámításával lehet kiszámolni.

Paraméter neve	Elnevezés	Dim.	Min	Max	Alap-értelmezés
Az egyes fokozatok R és X beállítási értékei:					
DIS21_Z1R_FPar	1. fokozat R	ohm	0,1	200	10
DIS21_Z2R_FPar	2. fokozat R	ohm	0,1	200	10
DIS21_Z3R_FPar	3. fokozat R	ohm	0,1	200	10
DIS21_Z4R_FPar	4. fokozat R	ohm	0,1	200	10
DIS21_Z5R_FPar	5. fokozat R	ohm	0,1	200	10
DIS21_Z1X_FPar	1. fokozat X	ohm	0,1	200	10
DIS21_Z2X_FPar	2. fokozat X	ohm	0,1	200	10
DIS21_Z3X_FPar	3. fokozat X	ohm	0,1	200	10
DIS21_Z4X_FPar	4. fokozat X	ohm	0,1	200	10
DIS21_Z5X_FPar	5. fokozat X	ohm	0,1	200	10
Terhelési karakterisztika-szűkítés beállítása:					
DIS21_LdR_FPar	Terhelési R	ohm	0,1	200	10
Zérus sorrendű komplex kompenzációs állandó külön az öt fokozatra:					
DIS21_Z1aX_FPar_	1.fok.(Xo-X1)/3X1		0	5	1
DIS21_Z1aR_FPar_	1.fok.(Ro-R1)/3R1		0	5	1
DIS21_Z2aX_FPar_	2.fok.(Xo-X1)/3X1		0	5	1
DIS21_Z2aR_FPar_	2.fok.(Ro-R1)/3R1		0	5	1
DIS21_Z3aX_FPar_	3.fok.(Xo-X1)/3X1		0	5	1
DIS21_Z3aR_FPar_	3.fok.(Ro-R1)/3R1		0	5	1
DIS21_Z4aX_FPar_	4.fok.(Xo-X1)/3X1		0	5	1
DIS21_Z4aR_FPar_	4.fok.(Ro-R1)/3R1		0	5	1
DIS21_Z5aX_FPar_	5.fok.(Xo-X1)/3X1		0	5	1
DIS21_Z5aR_FPar_	5.fok.(Ro-R1)/3R1		0	5	1
Párhuzamos vezeték kölcsönös zérus sorrendű komplex kompenzációs állandója:					
DIS21_a2X_FPar_	Paralel vez.Xm/3X1		0	5	0
DIS21_a2R_FPar_	Paralel vez.Rm/3R1		0	5	0

1-3. táblázat. A távolsági védelmi funkció lebegőpontos paraméterei

Egész típusú paraméterek

Az 1-4. táblázatban felsorolt egész típusú paraméterek határozzák meg az egyes fokozatok poligon karakterisztikáinak illesztő paramétereit. Az egyes paraméterek értelmezését az 1-1. ábra) mutatja.

Paraméter neve	Elnevezés	Egység	Min	Max	Lépés	Alap-értelmezés
A poligon karakterisztika szöge az impedanciasík 4. térnegyedében:						
DIS21_dirRX_IPar_	4.negyed szöge	fok	0	30	1	15
A poligon karakterisztika szöge az impedanciasík 2. térnegyedében:						
DIS21_dirXR_IPar_	2.negyed szöge	fok	0	30	1	15
A poligon karakterisztika letörési szöge az impedanciasík 1. térnegyedében:						
DIS21_Cut_IPar_	1.negyed letörési szög	fok	0	40	1	0
Terhelési karakterisztika-szűkítés szögbeállítása:						
DIS21_LdAng_IPar_	Terhelési szög	fok	0	45	1	30
A poligon karakterisztika által védett vezeték szöge:						
DIS21_LinAng_IPar_	Vezeték szöge	fok	45	90	1	75

1-4. táblázat. A távolsági védelmi funkció egész típusú paraméterei

Késleltetés paraméterei

Az 1-5. táblázatban felsorolt késleltetés-paraméterek a fokozatok 1-3. táblázatban látható többi alapvető paraméterével együtt a teljes védelmi rendszer szelektivitását szolgálják. Az egyes fokozatok késleltetéseit illeszteni kell a rendszer többi védelmének beállításához.

Az 1. fokozatnak általában nincs késleltetése („1.fokozat késleltetés” beállítása 0). A többi késleltetés beállítási értékei közötti különbség legalább egy szelektív időlépcső. A szelektív időlépcső értékét az adott rendszer alkalmazási gyakorlata szabja meg.

Paraméter neve	Elnevezés	Egység	Min	Max	Lépés	Alap-értelmezés
Az egyes fokozatok késleltetése:						
DIS21_Z1Del_TPar_	1. fokozat késleltetés	ms	0	60000	1	0
DIS21_Z2Del_TPar_	2. fokozat késleltetés	ms	0	60000	1	400
DIS21_Z3Del_TPar_	3. fokozat késleltetés	ms	0	60000	1	800
DIS21_Z4Del_TPar_	4. fokozat késleltetés	ms	0	60000	1	2000
DIS21_Z5Del_TPar_	5. fokozat késleltetés	ms	0	60000	1	2000

1-5. táblázat. A távolsági védelmi funkció késleltetés paraméterei

1.1.3 Beállításszámítási útmutató

1.1.3.1 Az első impedanciafokozat beállítási útmutatója

Az első impedanciafokozat arra szolgál, hogy a védelem a védett távvezeték vagy kábel minél nagyobb részét késleltetés nélkül védje. A fokozatnak nem szabad megszólalnia a következő vezeték elején fellépő zárlatra, mert azt a következő vezeték saját védelme hivatott hárítani. Ez azt jelenti, hogy az első fokozatnak a védett vezeték távoli végén lévő sínig nem szabad elérni. Figyelembe véve a védelem impedanciamérésének pozitív hibáját, a mérőváltók hibáit és az adatismereti hibát, a beállításnak kisebbnek kell lenni, mint a védett vezeték pozitív sorrendű impedanciája. Így az első fokozat beállítási egyenlete:

$$Z_I \leq \frac{Z_V}{(1 + \varepsilon)}$$

ahol

Z_I az első fokozat beállítási értéke

Z_V a védett vezeték pozitív sorrendű impedanciája

ε biztonsági tényező, szokásos értéke 0,15

Példa az első fokozat beállítására.

A beállításszámításhoz a következő adatok szükségesek.

Adatok:

120 kV-os távvezeték:

hossz 40 km

fajlagos pozitív sorrendű reaktancia $x_1 = 0,41 \Omega/\text{km}$

fajlagos pozitív sorrendű ellenállás $r_1 = 0,12 \Omega/\text{km}$

fajlagos zérus sorrendű reaktancia $x_0 = 1,03 \Omega/\text{km}$

fajlagos zérus sorrendű ellenállás $r_0 = 0,30 \Omega/\text{km}$

feszültségváltó áttétel $au = 120 \text{ kV} / 0,1 \text{ kV}$

áramváltó áttétel $ai = 600 \text{ A} / 5 \text{ A}$

Számítás:

1. fokozat X [Ohm]

A beállítandó reaktancia a klasszikus egyenlettel:

$$X_I \leq \frac{X_{\text{Vezeték}}}{(1 + \varepsilon)}$$

A paraméter értékét szekunder ohmban kell megadni.

A beállítandó primer reaktancia:

$$X_{\text{prim}} = \text{hossz} \cdot x_1 / (1 + \varepsilon) = 40 \text{ km} \cdot 0,41 \Omega/\text{km} / (1 + 0,15) = 14,26 \Omega$$

Szekunder értékben:

$$X_{\text{szek}} = ai/au \cdot X_{\text{prim}} = (600/5) / (120/0,1) \cdot 14,26 \Omega = 1,426 \Omega$$

A beállítandó érték tehát:

$$\underline{1. \text{ fokozat } X = 1,426 \Omega}$$

1. fokozat R [Ohm]

Az első fokozat ellenállás-beállításához a következőket célszerű meggondolni.

A védett vezeték ellenállásértékét az $1/(1-\varepsilon)$ tényezővel szorozva a poligon karakterisztikán belül kell lenni.

Íves zárlat esetén az ívellenállás értékét hozzá kell adni a védett vezeték ellenállásához. Az így megemelt értéknek is a poligon karakterisztika belsejében kell lenni. Az ismert Warrington képlettel számítható közelítéssel az ív ellenállása:

$$R_{iv}^{[\Omega]} = \frac{28700 \cdot d^{[m]}}{I^{[A]1,4}}$$

Például $d = 1 \text{ m}$ és $I = 500 \text{ A}$ esetén $R_{iv} = 4,78 \text{ } \Omega$. Ha $I = 1000 \text{ A}$, ez az érték $1,81 \text{ } \Omega$ -ra csökken (primer érték).

Földrövidzárlat esetén a hibahelyi földelési ellenállást is figyelembe kell venni. Ha az acél oszlopok védővezetővel össze vannak kötve, az eredő földelési ellenállás kis érték.

Az említett ellenállások figyelembevételével is (vezeték ellenállás + ívellenállás + földelési ellenállás) belül kell maradni a poligon karakterisztikán.

A számított impedanciában összegezett hibát kell feltételezni egyrészt az algoritmus pontatlansága, másrészt a feszültségváltók és áramváltók nagyság és szöghibája, valamint a zárlati áram tranziense által okozott mérési hiba miatt. A számított impedancia így nem egyetlen pont, hanem egy bizonyos terület az impedancia síkon. Ezt a területet a karakterisztikának magában kell foglalni.

Az említett hatások miatt a karakterisztikát az R tengely irányában meg kell növelni.

Vannak azonban olyan hatások is, amelyek ellene mondanak a fentieknek.

Az R beállítás szerepe az is, hogy kizárja a vezeték nagy terhelése esetén érzékelhető impedanciát. Jelentős terheléskor érzékelhető kis értékű „üzemi” impedanciára a védelemnek nem szabad megszólalni (lásd később „Terhelési R” és „Terhelési szög” paraméterek beállítási magyarázatait).

A védett elemen létrejövő teljesítménylengésre a védelem nem kívánatos működését lehetőleg el kell kerülni (lásd később a lengészár beállítási magyarázatait).

Nagy terheléskor bekövetkező egyszarkú földrövidzárlat esetén az érzékelt impedancia az ép fázisokban megközelítheti a karakterisztikát. A fázisszelektivitás olyan R beállítási értéket követel meg, amely kizárja ezeket az impedancia értékeket.

Az ellenmondó követelmények miatt józan mérnöki kompromisszumot kell alkalmazni, az R beállítási értékét tapasztalatokra alapozva kell kiválasztani.

Például egy 120 kV-os távvezeték esetén jó kompromisszumot jelent a következő beállítás:

$$1. \text{ fokozat } R = 1. \text{ fokozat } X$$

A fenti példa szerinti a $14,26 \text{ } \Omega$ primer beállítási értéknek magában kell foglalni a következőket:

- a távvezeték ellenállását: $40 \text{ km} \cdot 0,12 \text{ } \Omega / \text{km} / (1+0,15) = 4,17 \text{ } \Omega$,
- az ívellenállást
- a földelési ellenállást.

Ezt az értéket lehet korrigálni a tapasztalatok szerint.

Az „1. fokozat R” beállítása tehát legyen azonos az „1. fokozat X”-szel (szekunder érték):

$$\underline{1. \text{ fokozat } R = 1,426 \text{ } \Omega}$$

Vezeték szöge

Ez a paraméter az impedancia karakterisztika jobboldali határvonalát határozza meg (1-1. ábra). Szokásos beállítása a védett vezeték impedanciájának a szöge:

$$\text{Vezeték szöge} = \text{arc tg } (x1/r1)$$

A fenti példa szerint:

fajlagos pozitív sorrendű reaktancia $x1 = 0,41 \Omega/\text{km}$
 fajlagos pozitív sorrendű ellenállás $r1 = 0,12 \Omega/\text{km}$

Mivel $\arctg(0,41/0,12) = 73,69^\circ$, a paraméter:

$$\underline{\text{Vezeték szöge} = 73,69^\circ}$$

Megjegyzés: a védett vezeték impedanciavektora metszi a poligon karakterisztika vízszintes vonalát (1-1. ábra, X fokozat), és innen indul az „1.negyed letörési szög” paraméter által meghatározott vonal, ez módosítja a karakterisztika alakját. Az „1.negyed letörési szög” paraméter kiválasztására vonatkozó meggondolás a „2. Függelék” fejezetben található.

4.negyed szöge

Ezzel a paraméterrel lehet a karakterisztika határvonalának $\alpha = \arctg(-X1/R1)$ meredekségét beállítani a negatív reaktancia ténnyegyedében (1-1. ábra). A paraméter beállítási értékének kiválasztásakor az alábbi meggondolások segítenek.

Az érzékelt impedancia elvi határa az R tengely, mivel a vezeték zárlatokor negatív reaktancia nem lehetséges. Az impedancia akkor esik az R tengelyre, ha igen közeli zárlat lép fel, és a védelem csak a hibahelyi ellenállást méri. A védelemnek be kell mérni ezt a zárlatot is, ezért a „4. negyed szöge” paraméter biztonsági sávot ad, így a karakterisztika biztonsággal tartalmazza ezt a mért pontot is.

A távoli végpont zárlati betáplálása elfordíthatja a hibahelyi ellenállás feszültségét, ha a zárlat előtt jelentős teljesítmény áramlott a vezetéken, mert ilyen esetben a távoli vég betáplálásának egyenértékű feszültségvektora szögben lényegesen eltér a védelem mögötti tápfeszültségtől. Az impedanciát a védelem felszerelési helyén uralkodó U_R feszültségből és I_R áramból számítja a védelem. Az U_R feszültség tartalmazza a hibahelyi ellenállás feszültségét is. Így kedvezőtlen esetben a negatív reaktancia felé fordul a számított hibahelyi ellenállás (betáplálási torzítás). A védelem figyelembe veszi ezt a hatást, és „nyitja” a karakterisztikát a negyedik ténnyegyed irányába.

Közeli zárlat esetén a feszültség igen kis érték, amely lehet, hogy nem elegendő az irányméréshez. Ekkor a védelem az irányszámításhoz a memóriában tárolt feszültséget használja. A zárlat alatt a teljesítményáramlás a normál üzemhez képest nagymértékben változik, a feszültség zárlat alatt elfordul az ép feszültséghez képest. Ez a fáziseltolás a mögöttes és védett impedanciától és a teljesítményáramlástól függ. Helyes irányérzékeléshez hasznos a karakterisztika-határvonal lejtésének nyitása.

Az algoritmus pontatlansága, a zárlati áram tranziense és a mérőváltók szöghibája miatt az impedanciamérés is pontatlan. A számított impedancia az impedancia síkon ezért nem egy pont, hanem az egymást követő mintavételezések számos pontja jelentős területet határoz meg. A karakterisztikának ezt a területet magában kell foglalni. Ez a hatás is indokolja a karakterisztika nyitását.

Van azonban olyan hatás is, amely ellen mond a fentieknek.

A karakterisztikának ki kell zárni az ép fázisokban mért impedanciákat. A mérőhurkokat a zérus sorrendű áramok szétválasztják, ez csökkenti ugyan az ép fázisimpedanciák kizárását, azonban a megmaradók megközelíthetik a karakterisztikát, különösen nagy zárlat előtti terhelés esetén. Például egy közeli „A” fázisú egysarkú földrövidzárlatnál a „B” fázisban mért impedancia közel esik a karakterisztika határvonalához. Ezért a karakterisztika szűkítése célszerű annyira, amennyire csak lehetséges.

Az ellenmondó követelmények miatt józan mérnöki kompromisszumot kell alkalmazni, a 4. térszög szögének beállítási értékét tapasztalatokra alapozva kell kiválasztani.

Ezt a paramétert a következőképpen lehet meghatározni:

$$4.\text{negyed szöge} = \arctan(-X1/R1) \text{ [fok]}$$

A paraméter mértékegysége a fok.

Például a fenti 120 kV-os távvezeték védelmére javasolható beállítás 15 fok. A lejtés lefelé halad. Ha szükséges, ezt a beállítást módosítani lehet, a legnagyobb nyitási érték 30 fok.

A javasolt beállítás:

$$\underline{4.\text{negyed szöge} = 15^\circ}$$

A szögérték azonos mind az öt fokozatra.

2.negyed szöge

A karakterisztika határvonalának lejtése $\beta = \arctan(-R1/X1)$ a negatív ellenállás tartományában (1-1. ábra).

Ennek a paraméternek a beállításához, hasonlóan a „4.negyed szöge” lejtéséhez, a következő megfontolásokat célszerű figyelembe venni.

A lehetséges impedanciaértékek elvi határa a vezeték impedanciájának vonala. Ezen a vonalon fekszenek azon impedanciák, amelyek a védett távvezeték fémes zárlatainál lépnek fel. A karakterisztikának ezeket a pontokat magában kell foglalni.

Közeli zárlat esetén a feszültség igen kis érték, amely lehet, hogy nem elegendő az irányméréshez. Ekkor a védelem az irányszámításhoz a memóriában tárolt feszültséget használja. A zárlat alatt a teljesítményáramlás a normál üzemhez képest nagymértékben változik, a feszültség zárlat alatt elfordul az ép feszültséghez képest. Ez a fáziseltolás a mögöttes és védett impedanciától és a teljesítményáramlástól függ. Helyes irányérzékeléshez hasznos a karakterisztika-határvonal lejtésének nyitása.

Az algoritmus pontatlansága, a zárlati áram tranziense és a mérőváltók szöghibája miatt az impedanciamérés is pontatlan. A számított impedancia az impedancia síkon ezért nem egy pont, hanem az egymást követő mintavételezések számos pontja jelentős területet határoz meg. A karakterisztikának ezt a területet magában kell foglalni. Ez a hatás is indokolja a karakterisztika nyitását.

Van azonban olyan hatás is, amely ellen mond a fentieknek.

A karakterisztikának ki kell zárni az ép fázisokban mért impedanciákat. A mérőhurkokat a zérus sorrendű áramok szétválasztják, ez csökkenti ugyan az ép fázisimpedanciák kizárását, azonban a megmaradók megközelíthetik a karakterisztikát, különösen nagy zárlat előtti terhelés esetén. Például egy közeli „B-C” kétfázisú zárlatnál az „A-B” fázisban mért impedancia közel esik a karakterisztika határvonalához. Ezért a karakterisztika szűkítése célszerű annyira, amennyire csak lehetséges.

Az ellenmondó követelmények miatt józan mérnöki kompromisszumot kell alkalmazni, a „4. térszög szöge” paraméter beállítási értékét tapasztalatokra alapozva kell kiválasztani. A PROTECTA Elektronikai Kft VECTOR programja segíthet kimutatni a kritikus helyzeteket, és ez segít kiválasztani a megfelelő paramétereket.

Ezt a paramétert a következőképpen lehet meghatározni:

$$2.\text{negyed szöge} = \text{arc tg} (-R1/X1) \text{ [fok]}$$

A paraméter mértékegysége a fok.

Például a fenti 120 kV-os távvezeték védelmére javasolható beállítás 15 fok. A lejtés balra dől. Ha szükséges, ezt a beállítást módosítani lehet, a legnagyobb nyitási érték 30 fok.

A javasolt beállítás:

$$\underline{2.\text{negyed szöge} = 15^\circ}$$

A szögérték azonos mind az öt fokozatra.

Terhelési R

Terhelési szög

Az impedancia-fokozatok beállításához figyelembe kell venni, hogy a beállított impedanciának jelentősen kisebbnek kell lenni, mint a mérhető üzemi impedancia maximum terheléskor. Azonban ha igen nagy (rövididejű) túlterhelés előállhat, ugyanakkor a karakterisztika beállítása az R tengely irányában nagy érték, hibás kioldás jöhet létre. Ebben segít a távolsági védelmi funkció „terhelési szűkítés” lehetősége. Ezzel lehetővé válik, hogy a védelem nagy R beállítás mellett is érzéketlen legyen a rövididejű túlterhelésre. Két paraméter szolgál a szűkítésre: „Terhelési R” és „Terhelési szög”. A paraméterek hatását az 1-1. ábra mutatja. A paraméterek alkalmazása feltételezi, hogy a vezetéken nagy terhelésnél főleg hatásos teljesítmény áramlik. A terhelési ellenállás értékét a maximum terhelési árammal (vagy a termikus határárammal) lehet kiszámítani:

$$R_{\text{terh}} = \frac{U_{\text{vonali}}}{\sqrt{3} * I_{\text{üzemi_max}}} = \frac{(U_{\text{vonali}})^2}{S_{\text{üzemi_max}}}$$

ahol

$I_{\text{üzemi_max}}$ a lehetséges legnagyobb üzemi (túlterhelési) áram, termikus határáram,
 $S_{\text{üzemi_max}}$ a lehetséges legnagyobb háromfázisú üzemi (túlterhelési) teljesítmény, illetve termikus határteljesítmény

Nagyfeszültségű rendszerekben különösen jelentős a terhelési (túlterhelési) szempontoknak megfelelő beállítás. Például a fenti 120 kV-os távvezetéken a termikus hatásteljesítmény $S_{\text{term_határ}} = 110 \text{ MVA}$. A maximum terhelésnél számított ellenállás:

$$R_{\text{terh_max_primer}} = \frac{(U_{\text{vonali}})^2}{S_{\text{term_határ}}} = \frac{(120 \text{ kV})^2}{110 \text{ MVA}} = 130 \Omega$$

A 130Ω primer értéket lehet a javasolt „1.fokozat R” = $14,26 \Omega$ primer paraméter-értékéhez hasonlítani. $130/14,26 = 9,1$, azaz több mint kilencszeres a biztonság. Ez azt jelenti, hogy a terhelés viszonylag hosszú 120 kV-os távvezeték esetén sem befolyásolja az első fokozati ellenállás-beállítást.

A fenti értéket szekunder oldalra átszámítva:

$$R_{\text{terh_szek}} = a_i/a_u * R_{\text{terh_primer}} = (600/5 / (120/0,1)) * 130 = \underline{13 \Omega \text{ szekunder}}$$

így a beállítás:

$$\underline{\text{Terhelési R} = 13 \Omega}$$

A beállítási érték azonos mind az öt fokozatra.

Ez az érték magasabb fokozatoknál és lengésnél befolyásolhatja a karakterisztikát.

Példaként felvéve egy 400 kV-os 200 km hosszú távvezeték a javasolható fokozatbeállítás:

$$1.\text{fokozat } X = 1.\text{fokozat } R = 200 \text{ km} * 0,32 \text{ } \Omega/\text{km} / (1+0,15) = 55,65 \text{ } \Omega$$

és így

$$R_{\text{terh_max_primer}} = \frac{(U_{\text{vonali}})^2}{S_{\text{üzemi_max}}} = 133 \text{ } \Omega$$

A 133 Ω primer értéket hasonlítva az első fokozat beállított 55,65 Ω primer értékéhez, 133 Ω / 55,65 Ω = 2,3-szeres a biztonság. Ha nagyobb „1.fokozat R” beállítási értékre van szükség a hibahelyi ellenállás méréstorzítása miatt, akkor a terhelési ellenállás belül lehet a karakterisztikán. Ezért megfelelő „Terhelési R” beállítás fontos lehet.

A 133 Ω primer értéket természetesen még át kell számítani szekunder értékre.

Ha a védelem felszerelési helyén csekély meddő teljesítmény áramlik, akkor a terhelési szűkítés területét a „Terhelési szög” paraméterrel nyitni lehet. Ha a számítási példa 20 % meddő teljesítményt tételez fel:

$$\text{arc tg } (Q_{\text{max}}/P_{\text{max}}) = \text{arc tg } (0,2) = 11,3^\circ$$

és így

$$\underline{\text{Terhelési szög}} = 12^\circ$$

1. negyed letörési szög

A távolsági védelmi funkció algoritmus a hiba távolságát a mért reaktancia-értékre alapján állapítja meg.

Ha a hibahelyi ellenállást nem lehet elhanyagolni, és ha a zárlat fellépte előtt jelentős teljesítmény áramlott a védett vezetéken, a számított reaktancia-érték és így a zárlat számított távolsága is torzul. Ez a torzulás a távolsági védelem túlmérését vagy alulmérését okozza. Túlmérés azt eredményezheti, hogy a védett távvezetéken kívüli zárlatra is működik a védelem, tehát nem szelektív működés jön létre.

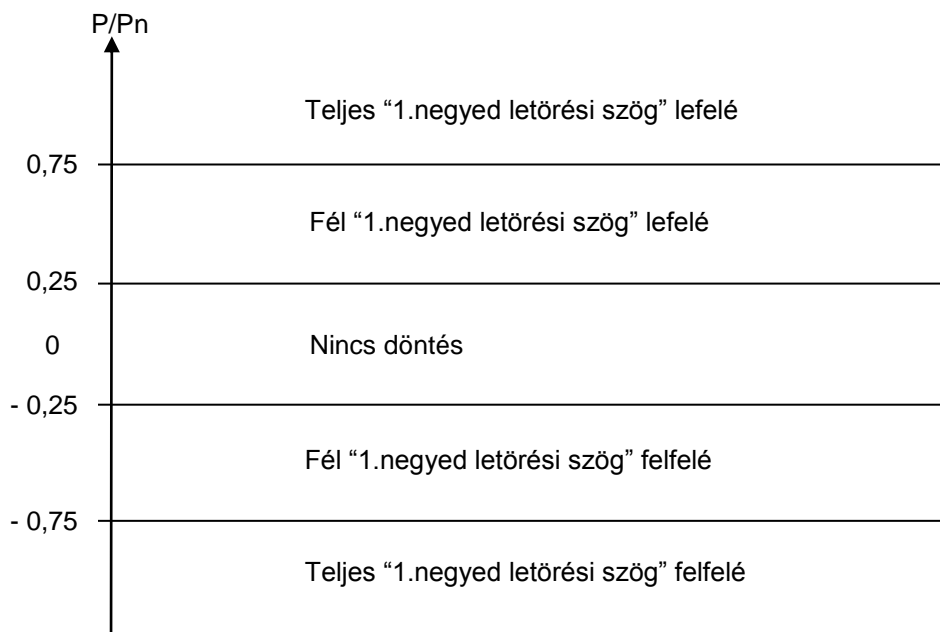
A távolságmérés torzulását a poligon karakterisztika X határvonalának felfelé vagy lefelé döntésével lehet kompenzálni. A dőlés mértéke és iránya függ a zárlat előtt a védett vezetéken folyt teljesítmény nagyságától és irányától. Az 1-1 ábra lefelé döntést mutat ekkor az „1.negyed letörési szög” az óramutató irányával megegyező.

A távolsági védelmi funkció a döntést dinamikusan, öt fokozatban végzi el a zárlat előtti teljesítmény függvényében.

A letörési szög beállítása műszaki megfontolásokat igényel. A számítás módszerének leírása a „2. Függelék”-ben található.

A karakterisztika X vonalának dinamikus döntése azt eredményezi, hogy a távolsági védelmi funkció fokozathatárai nem változnak, nem lesz a zárlat előtti terhelési állapottól függően sem túlmérés, sem alulmérés.

A dinamikus döntést a távolsági védelmi funkció az 1-4. ábra szerint szakaszosan végzi el. A teljesítmény pozitív, ha a védelemtől a védett elem felé folyik a teljesítmény.



1-4. ábra. Az „1.negyed letörési szög” dinamikus szakaszai

1.fok.(Xo-X1)/3X1

1.fok.(Ro-R1)/3R1

A távolsági védelmi funkció algoritmus a földrövidzárlatok esetén zérus sorrendű árammal kompenzált mérési egyenletet alkalmaz:

$$Z = \frac{U_{\text{fázis}}}{I_{\text{fázis}} + \alpha * 3I_0}$$

A távolsági védelmi funkció algoritmus a α komplex zérus sorrendű áramkompenzációs tényezőt két valós tényező formájában alkalmazza. Mindkettőt a védett vezeték adataiból számolja. A fenti 120 kV-os távvezeték adatait használva:

$$\alpha_x = \frac{(x_0 - x_1)}{3 * x_1} = \frac{(1,03 - 0,41)}{3 * 0,41} = 0,504$$

és

$$\alpha_r = \frac{(r_0 - r_1)}{3 * r_1} = \frac{(0,3 - 0,12)}{3 * 0,12} = 0,5$$

A fentiek szerint a beállítandó paraméter-értékek:

$$\underline{1.\text{fokozat.}(X_0-X_1)/3X_1 = 0,5}$$

$$\underline{1.\text{fokozat.}(R_0-R_1)/3R_1 = 0,5}$$

Megjegyzés: egyes konfigurációkban az „2.fokozat.(Xo-X1)/3X1” és az „2.fokozat.(Ro-R1)/3R1” paramétereket azonosnak veszik az 1. fokozat azonos paramétereivel. Ebben az esetben ezek a második fokozati paraméterek nem szerepelnek a paraméter-listán.

Paralel vez.Xm/3X1

Paralel vez.Rm/3R1

Egy és kétfázisú földrövidzárlatoknál a párhuzamos vezeték impedancia-mérését a zérus

sorrendű áram befolyásolja. Ennek kompenzálására a távolsági védelmi funkció a párhuzamos vezeték zérus sorrendű áramát is méri, és az impedancia számításánál zérus sorrendű kölcsönös kompenzációs tényezőt alkalmaz. Az algoritmusban itt is két valós tényezőt szerepel:

$$\beta_x = \frac{x_m}{3 * x_1} \quad \text{és} \quad \beta_r = \frac{r_m}{3 * r_1}$$

A fenti 120 kV-os távvezeték adatai:

fajlagos pozitív sorrendű reaktancia	$x_1 = 0,41 \, \Omega/\text{km}$
fajlagos pozitív sorrendű ellenállás	$r_1 = 0,12 \, \Omega/\text{km}$

és járulékosan a kölcsönös impedancia adatai:

fajlagos kölcsönös zérus sorrendű reaktancia	$x_m = 0,70 \, \Omega/\text{km}$
fajlagos kölcsönös zérus sorrendű ellenállás	$r_m = 0,15 \, \Omega/\text{km}$

Ezekkel az adatokkal:

$$\frac{x_m}{3 * x_1} = \frac{0,7}{3 * 0,41} = 0,57 \quad \text{és} \quad \frac{r_m}{3 * r_1} = \frac{0,15}{3 * 0,12} = 0,42$$

Ennek megfelelően a beállítandó paraméter-értékek:

$$\underline{\text{Páralel vez. } X_m/3X_1 = 0,57}$$

$$\underline{\text{Páralel vez. } R_m/3R_1 = 0,42}$$

Ez a kompenzációs tényező csak az 1. fokozatban létezik.

1. fokozat késleltetés

A távolsági védelem első fokozatát lehet késleltetni.

Az első fokozat késleltetésének beállítását ms-ban lehet megadni. A szokásos beállítás 0 ms, amely annyit jelent, hogy nincs járulékos késleltetés, a védelem a számításhoz szükséges ön idővel működik.

1.fokozat üzemmód

A távolsági védelem első fokozatát ezzel a paraméterrel bénítani és irányítani lehet. A felsorolt típusú paraméter értékei: „Kikapcsolva”, „Előre” vagy „Hátra”. A szokásos beállítás „Előre”, azaz a védelem akkor működik, ha a zárlati áram a védett elem felé folyik.

1.fok.csak megszólalás

A távolsági védelmi funkció első fokozatának kioldó parancsát logikai paraméterrel bénítani lehet. Ha a paraméter beállítása „1” (logikai IGAZ), akkor a fokozat működőképes, de a kioldó parancs bénítva van. Normál üzemben „0” értékre kell állítani, hogy a kioldó parancs is létrejöhessen.

Lengészár Z1 retesz

A távolsági védelmi funkció beágyazva lengészár-funkciót is tartalmaz. Feladata többek között az, hogy reteszelve a kioldó parancsot, ha a távolsági védelmi funkció a poligon karakterisztikán belül érzékel impedanciát, de nem zárlat hozta létre, hanem teljesítmény-lengés. Ha ez a logikai paraméter (lásd az 1-9. táblázatban) „1” (logikai IGAZ) értékre van állítva, akkor lengési állapot érzékelésekor az első fokozat kioldó parancsát a lengészár bénítja.

1.1.3.2 A második impedanciafokozat beállítási javaslata

A második fokozatot általában egy szelektív időlépcsővel késleltetni kell. Ennek a fokozatnak biztonságosan működni kell a védett vezeték távoli végén első fokozattal már nem védett rövid szakaszon fellépő zárlatra még negatív hiba esetén is:

$$Z_{II} \geq \frac{Z_V}{(1 - \varepsilon)}$$

ahol

- Z_{II} a második fokozat beállítandó értéke.
- Z_V a védett vezeték pozitív sorrendű impedanciája
- ε biztonsági tényező, szokásos értéke 0,15

A második fokozatnak biztonságosan nem szabad működni a távoli gyűjtősínről leágazó, szintén távolsági védelemmel védett legrövidebb vezeték elején fellépő zárlatra még akkor sem, ha a saját védelem második fokozata a legnagyobb pozitív, a távoli vezeték első fokozata a legnagyobb negatív hibával működik:

$$Z_{II} \leq \frac{Z_V + (1 - \varepsilon)Z_{KI}}{(1 - \varepsilon)} \cong \frac{1}{1 + \varepsilon} Z_V + \frac{1 - \varepsilon}{(1 + \varepsilon)^2} Z_K$$

ahol

- Z_{II} a második fokozat beállítandó értéke.
- Z_V a védett vezeték pozitív sorrendű impedanciája
- ε biztonsági tényező, szokásos értéke 0,15
- Z_{KI} a távoli vezeték beállított első fokozati impedanciája
- Z_K a távoli vezeték pozitív sorrendű impedanciája

Ha a távoli vezeték nagyon rövid, előfordulhat, hogy a fenti két egyenlet ütközik, nem teljesíthető egyidejűleg. A nem szelektív működés elkerülése érdekében megoldást adhat az első egyenlet szerinti beállítás, és két szelektív időlépcsővel való késleltetés.

Ha a távoli gyűjtősín transzformátort, vagy parallel kapcsolt több transzformátort táplál, a második fokozatnak még maximális pozitív hiba esetén sem szabad túlnerni a transzformátorokon:

$$Z_{II} \leq \frac{Z_V + Z_{TR}}{1 + \varepsilon}$$

ahol

- Z_{II} a második fokozat beállítandó értéke.
- Z_V a védett vezeték pozitív sorrendű impedanciája
- Z_{TR} a párhuzamosan kapcsolt transzformátorok eredő impedanciája
- ε biztonsági tényező, szokásos értéke 0,15

A beállítandó paraméterek:

2.fokozat üzemmód

2.fok.csak megszólalás

Lengéscsár Z2 retesz

2. fokozat R

2. fokozat X

2.fok.(Xo-X1)/3X1

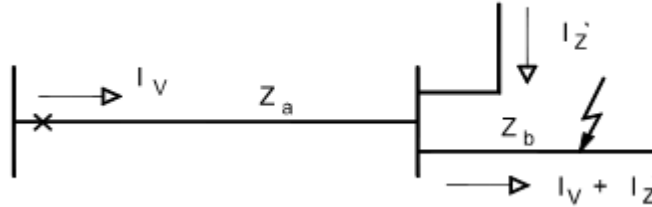
2.fok.(Ro-R1)/3R1

2. fokozat késleltetés

Ezekre a paraméterekre az első fokozatra leírt magyarázatok értelemszerűen vonatkoznak.

Megjegyzés: számos alkalmazásban a „2.fok.(Xo-X1)/3X1“ és a „2.fok.(Ro-R1)/3R1“ paramétereket az első fokozattal egyezőnek veszik, és így ezek a paraméterek a második fokozati paraméterek között nem találhatóak.

A második fokozat késleltetését ms-ban kell beállítani. Szokásos beállítása egy szelektív időlépcső. Ha a távoli gyűjtősínről leágazó egyik vezeték nagyon rövid, és így a második fokozatok ütköznek, a késleltetést két szelektív időlépcsőre célszerű választani (lásd előbb).



1-5. ábra. Betáplálási torzítás a távoli vezetékvégnél.

Ha a távoli gyűjtősínről leágazó vezetéken zárlat lép fel (1-5. ábra), a harmadik vezeték I_z' zárlati áramának betáplálási torzítása miatt a védelem nagyobb impedanciát mér, mint amennyi a távolsággal arányos lenne. Így a második fokozat által érzékelt impedancia nagyobb lesz, mint a valódi, azaz a második fokozat határa visszahúzódik. Lehetséges, hogy az idegen vezetéken a második fokozatban fellépő zárlatra a védelem csak a következő (harmadik) fokozatban old ki. Ez nem jelent hibás működést, mivel a védelem erre a zárlatra csak tartalékvédelmet ad.

A második fokozat beállítása túlfedő fokozatra

Túlfedő fokozat külső visszkapcsoló automatikával kombinálva hatásos lehet annak a célnak elérésében, hogy a vezeték végén fellépő zárlatra ne késleltetett, hanem pillanatműködésű hártás történjen. Lehetséges védelmi parancsátvitel alkalmazása is (lásd részletesen: „Védelmi parancsátvitel funkció” leírásában), ahol a túlfedő fokozat szerepet kaphat. A túlfedő fokozat beállításának feltétele az, hogy a védett távvezeték teljesen átfedje, tehát a következő, idegen vezetékre is átnyúljon. A beállítási egyenlet:

$$Z_{\text{túlfedő}} \geq \frac{Z_V}{1 - \varepsilon}$$

1.1.3.3 Magasabb impedanciafokozatok beállítási javaslata

A távolsági védelem magasabb fokozatainak nincs alapvédelmi szerepe, feladatuk elsősorban tartalékvédelmet adni a távoli gyűjtősínről leágazó következő vezetésekre. Azonban a távoli gyűjtősínre betápláló többi vezeték okozta betáplálási torzítás miatt (lásd 1-5. ábra) ezt a szerepet teljesen nem tudja ellátni. Ezért a legfontosabb beállítási szempont az, hogy ne adjanak zárlati ébresztést nagy terhelés vagy lengés esetén.

A magasabb fokozatoknak különleges feladatai is lehetnek (pl. két második fokozat két különböző késleltetéssel, túloldali rövid leágazó vezeték esetén, fordított irányítású fokozatok, reteszjelő jelek létrehozása védelmi parancsátvitelnél a védelem mögötti zárlatok érzékelésére, stb.)

Ez a beállítási útmutató természetesen nem tudja az összes lehetséges hálózati elrendezést figyelembe venni, azonban a fenti példák megmutatták, hogy a védelmi beállításokat illeszteni kell a hálózat más védelmeihez. A beállítási értékek meghatározásánál nagy gondossággal kell eljárni. A harmadik fokozat túl nagy beállítása nem ajánlatos. Ugyanez a megállapítás a többi magasabb fokozatra is érvényes.

A fokozatoknak a késleltetését járulékosan legalább egy szelektív időlépcsővel emelni kell.

A 3., 4. és 5. fokozatok paraméterei a következők:

3., 4., 5.fokozat üzemmód

3., 4., 5.fok.csak megszólalás

Lengészár Z2, 3, 4 retesz

3., 4., 5. fokozat R

3., 4., 5. fokozat X

3., 4., 5.fok.(Xo-X1)/3X1

3., 4., 5.fok.(Ro-R1)/3R1

3., 4., 5. fokozat késleltetés

Ezekre a paraméterekre az első fokozatra leírt magyarázatok értelemszerűen vonatkoznak.

A fokozatok késleltetését ms-ban kell megadni. A késleltetés legalább egy szelektív időlépcsővel legyen nagyobb, mint a második fokozat késleltetése. A tényleges érték meghatározása csak a teljes védelmi rendszer ismeretében lehetséges.

A fordított irányítású fokozat alállomási „természetes” gyűjtőszínvédelmet ad. Mivel ez a fokozat az igen közeli gyűjtőszínzárakat érzékeli, az impedancia beállítása viszonylag kicsi. Ebben a szerepben a fordított irányítású impedanciafokozat beállítása kisebb lehet, mint az első fokozat.

1.2 A távolsági védelmi funkció üzemét befolyásoló bináris paraméterek

1.2.1 A távolsági védelmi funkció bináris paraméterei

A távolsági védelmi funkció bináris bemeneteivel (1-6. táblázat) befolyásolni lehet a védelem működését. Ezeket a jeleket a felhasználó a grafikus logikai egyenletszerkesztő segítségével határozza meg.

Bináris bemeneti jelek	Elnevezés	Magyarázat
DIS21_VTS_GrO_	Reteszelés FV-tól	A funkció a feszültségmérés hibája miatt reteszelt
DIS21_Z1Blk_GrO_	1.fok.retesselése	1. fokozat reteszelt
DIS21_Z2Blk_GrO_	2.fok.retesselése	2. fokozat reteszelt
DIS21_Z3Blk_GrO_	3.fok.retesselése	3. fokozat reteszelt
DIS21_Z4Blk_GrO_	4.fok.retesselése	4. fokozat reteszelt
DIS21_Z5Blk_GrO_	5.fok.retesselése	5. fokozat reteszelt
DIS21_PSDBlk_GrO_	Lengészár.retesselés	A lengészárreteszelés (lengészár) reteszelt
DIS21_SOTFCond_GrO_	Zárl.rá.történt	Státuszjel jelzi, hogy zárlatra való rákapcsolás történt

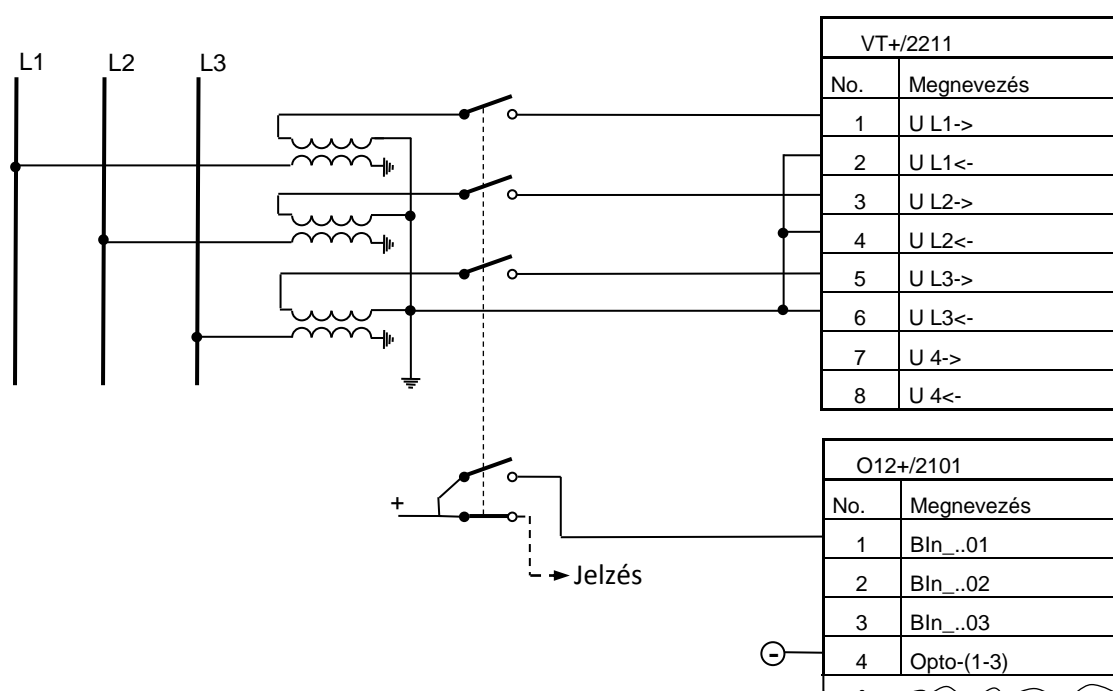
1-6. táblázat. A távolsági védelmi funkció működését befolyásoló bináris bemeneti jelek.

Reteszelés FV-tól

Ha az impedanciszámításhoz nem áll rendelkezésre feszültség, akkor a távolsági védelmi funkciót reteszelni kell. A reteszelő jelet a következő módon lehet létrehozni:

- a feszültségváltó kismegszakítójának segédérintkezőjéről,
- a feszültségváltó ellenőrző funkcióról.

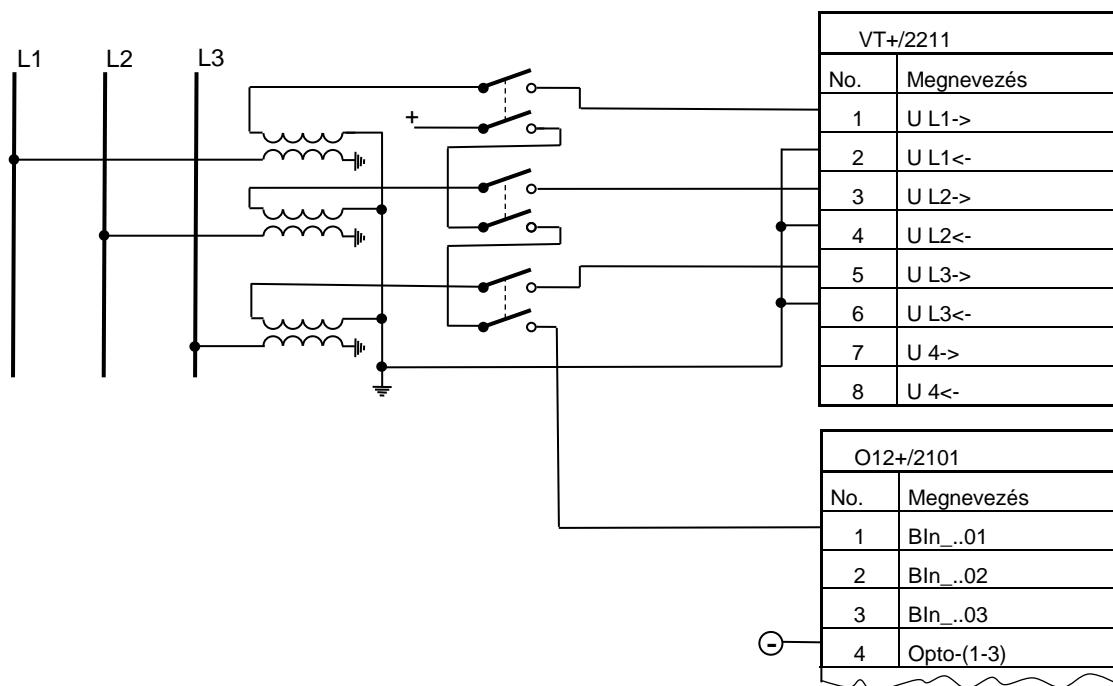
A feszültségváltó szekunder körében elhelyezett kismegszakító segédérintkezőjének bekötését háromfázisú kivitel esetére az 1-6. ábra, míg egyfázisú kivitel esetére az 1-7. ábra mutatja. Ez az alkalmazási módszer logikai IGAZ jelet hoz létre, ha az érintkezők zárva vannak. A jelet a készülék „Reteszelés FV-tól” bináris bemenetére kell kötni.



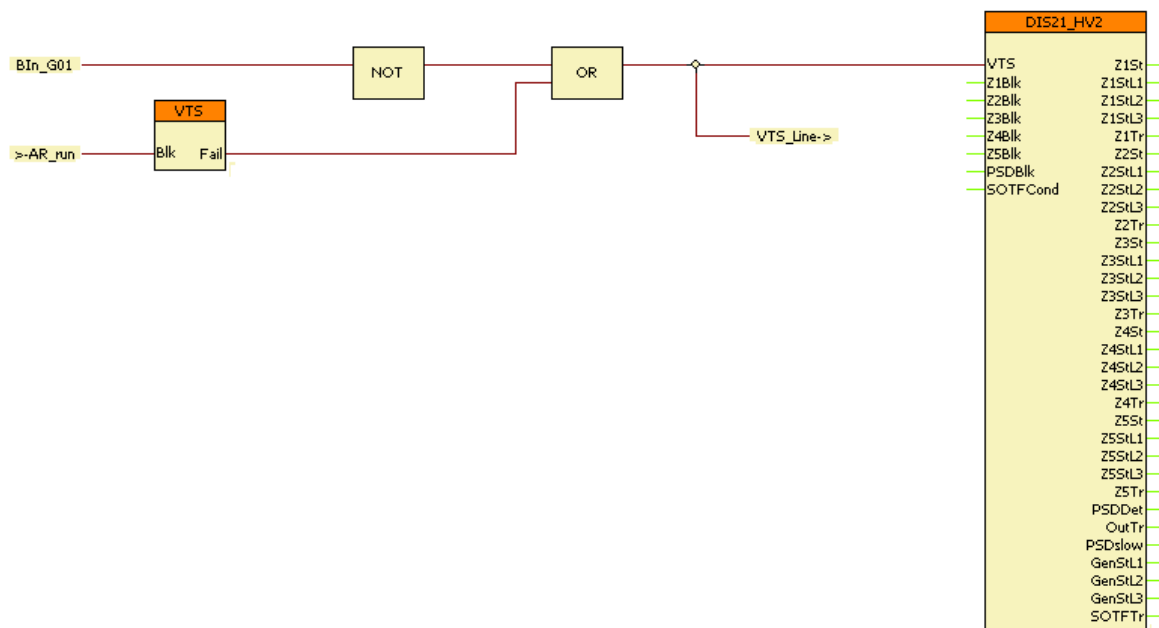
1-6. ábra. A kismegszakító közös segédérintkezőjének alkalmazása.

A feszültségváltók ellenőrzésére másik lehetőség a „Feszültségváltó ellenőrző funkció blokk” felhasználása. A funkció részletes leírása külön dokumentumban található meg. Ez a funkció a beállítástól függően „FV hiba” jelt hoz létre, ha a három fázisában olyan aszimmetriát érzékel, amelyik eltér a fázisfeszültségek aszimmetriájától.

A fenti jeleket a grafikus logikai egyenletszerkesztő segítségével a távolsági védelem megfelelő bináris bemenetére kell kötni (1-8. ábra).



1-7. ábra. A kismegszakító fázisonkénti segédérintkezőinek alkalmazása.



1-8. ábra. A távolsági védelmi funkció reteszelve feszültségmérési hiba miatt (részlet).
 VTS → Feszültségváltó ellenőrző funkció, Fail → FV hiba

1.,2.,3.,4. és 5.fok.reteszelése

A távolsági védelmi funkció egyes fokozatait szükség esetén reteszeli lehet a felhasználó által meghatározott bináris jelekkel. Ezeket a jeleket a grafikus egyenletszerkesztőben a távolsági védelmi funkció „Z1Blk”, „Z2Blk stb. bemenetére kell kötni. Az egyes jeleket a felhasználó szerkeszti a grafikus logikai egyenletszerkesztő segítségével a különleges követelményeknek megfelelően.

Lengésérz.reteszelés

A távolsági védelmi funkció beágyazott funkcióként magában foglalja a lengési érzékelés funkcióját. A lengészár funkciójának szerepe – mások mellett – az, hogy reteszelve a kioldó parancsot, ha a mért impedancia nem zárlat, hanem lengés miatt jutott a távolsági védelmi funkció karakterisztikáján belültre.

A beágyazott lengészár funkció ezzel a jellel iktatható ki. A reteszelés feltételét a felhasználó határozza meg az EuroCap konfiguráció szoftverének grafikus egyenletszerkesztője segítségével.

Zárl.rá.történt

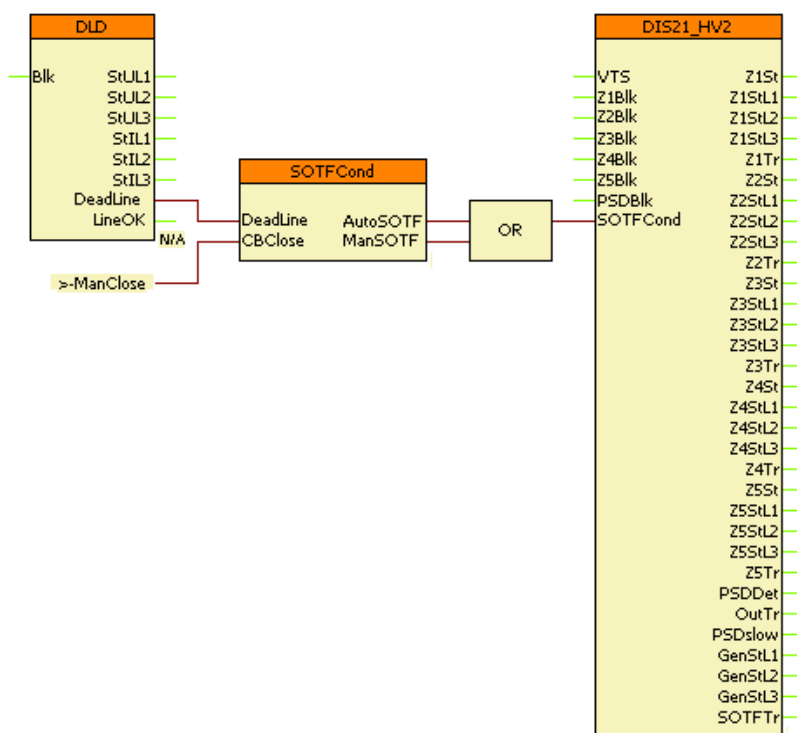
A távolsági védelmi funkció működéséhez hozzá tartozik a zárlati teljesítményirány érzékelése is. A funkció az irány megállapítását a feszültség és az áram közötti szög alapján valósítja meg. Közeleli zárlat esetén azonban a zárlati hurok feszültsége közel zérus, így alkalmatlan az irány megállapításához. Ha nincs ép fázisfeszültség sem, akkor a funkció a teljesítményirány megállapításához a néhány periódussal előbbi feszültségmintákat a memóriából veszi.

A védett elemet bekapcsolásakor feszültségmentes („dead”) vezetékre kapcsol a megszakító. Ez azt jelenti, hogy a memóriában tárolt feszültségminták szintén zérus értékűek. Ha zárlatra kapcsolás (angolul: switch-onto-fault – SOTF) történt, a kioldó parancs alapja a távolsági védelmi funkció zárlatra kapcsolást érzékelő programja.

A beágyazott zárlatra kapcsolást érzékelő funkció előkészíti a következő működés feltételeit. Részleteket a „**Zárlatra kapcsolást érzékelő funkció**” („**ZK érzékelő funkció**”) leírásában lehet megtalálni.

A kézi bekapcsoló parancsot, mint bináris bemeneti jelet rá kell adni a ZK érzékelő funkció megfelelő bemenetére. Ennek kimenő jelét egy ejtéskeleltetett időrelé a felhasználó által beállított ideig tartja.

Az 1-9 ábra mutatja a „ZK érzékelő funkció” (SOTFCond), a szintén szükséges „Holt vezeték érzékelő funkció” (DLD) és a távolsági védelmi funkció (DIS21) összeköttetéseit mind kézi bekapcsoló, mind automatikus visszkapcsoló parancs esetére.



1-9. ábra. A Záratra kapcsolást érzékelő funkció alkalmazása.

1.3 A távolsági védelmi funkció áram-feltételei

A távolsági védelmi funkció csak akkor tud működni, ha az áram megfelelő nagyságú az impedancia-számításhoz. Földrövidzárlatokat pedig csak akkor érzékel, ha van zérus sorrendű áram. Ebben a fejezetben tárgyalt paraméter ezekhez az előzetes döntésekhez szükségesek.

1.3.1 Az áram-feltételek paraméterei

Egész típusú paraméterek

Paraméter neve	Elnevezés	Egység	Min	Max	Lépés	Alap-értelmezés
Az impedanciaszámítást lehetővé tevő minimum áramérzékenység beállítása:						
DIS21_lmin_IPar_	I alapérzékenység	%	10	30	1	20
Az impedanciaszámítást fázis-föld hurokban lehetővé tevő zérus sorrendű áramérzékelés karakterisztikájának adatai:						
DIS21_loBase_IPar_	lo alapérzékenység	%	10	50	1	10
DIS21_loBias_IPar_	lo fékezés	%	5	30	1	10

1-9. ábra. Az áramfeltételek egész típusú paraméterei

1.3.2 Az impedanciaszámításhoz szükséges ébresztő áramérték beállítása

Az impedanciaszámítás csak akkor lesz pontos, ha az áram nem túl kis értékű. Az ezt ellenőrző paraméter:

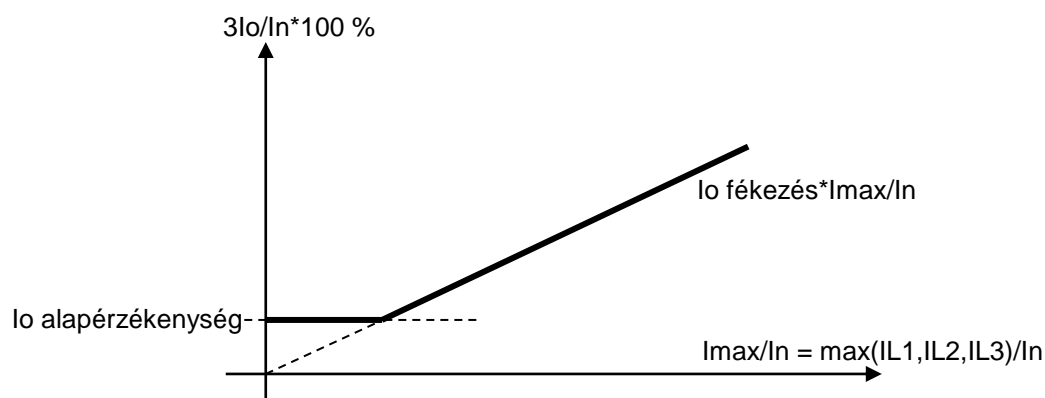
I alapérzékenység

A tapasztalatokra támaszkodó gyári beállítás biztosítja a funkció helyes működését.

1.3.3 A zérus sorrendű áramhatár beállítási útmutatója

A zérus sorrendű áram meglétét áramtól függő karakterisztika ellenőrzi (1-10. ábra). A karakterisztikát két paraméter határozza meg, a minimális zérus sorrendű áramérték („I₀ alapérzékenység”) és a százalékos fékezés meredeksége („I₀ fékezés”). A fékezés biztosítja, hogy igen nagy áramú fáziszárlatok esetén elkerülhető legyen a hibás zérus sorrendű áramérzékelés.

A zérus sorrendű áramérzékelésre azért van szükség, hogy szétválassza a fáziszárlatokat és a földrövidzárlatokat, és így pontos mérés álljon rendelkezésre a funkció megszólalási döntésére. Ez a szétválasztás azt biztosítja, hogy pl. A0 földrövidzárlat felléptekor a CA és az AB kétfázisú hurkok mérése ne zavarja meg a helyes döntést, ezért a zérus sorrendű áram jelenléte kizárja a fázis-fázis hurkok érzékelését. Egy másik példa szerint BC fáziszárlat esetén, amikor a B0 és C0 földhurkokban is kis impedanciát lehet mérni, de nincs zérus sorrendű áram, így a földrövidzárlati áramhurok mérését ki lehet zárni a döntésből.



1-10. ábra. Földrövidzárlat érzékelése százalékos fékezésű karakterisztikával.

I₀ alapérzékenység

A megfelelő beállításhoz a következő megfontolásokat lehet tenni.

A zérus sorrendű áramérzékelés beállításának kellően érzékenynek kell lennie, hogy egysarkú földrövidzárlatkor még csekély zérus sorrendű áram esetén is biztosan érzékeljen. A szelektivitás megköveteli ezt elsősorban az alapvédelmi első és a második fokozatban. A számítást az irányváltó fokozatokra is ki kell terjeszteni. Emiatt lehetséges, hogy többvariációs zárlatszámítást kell elvégezni.

A beállítási értéket kisebbre kell választani annál a zérus sorrendű áramnál, amely földérintés nélküli zárlatoknál lép fel. Elvileg ilyenkor nincs zérus sorrendű áram, azonban az áramváltók nagyság- és szöghibái, a fázisokban különböző áramváltó-telítések, és a hálózati elemek aszimmetriája miatt mégis megjelenik.

A fenti két megfontolás nem okoz nagyobb nehézséget. A beállítási tartomány az áramváltó névleges értékének 10 ... 50 %-a.

Io fékezés

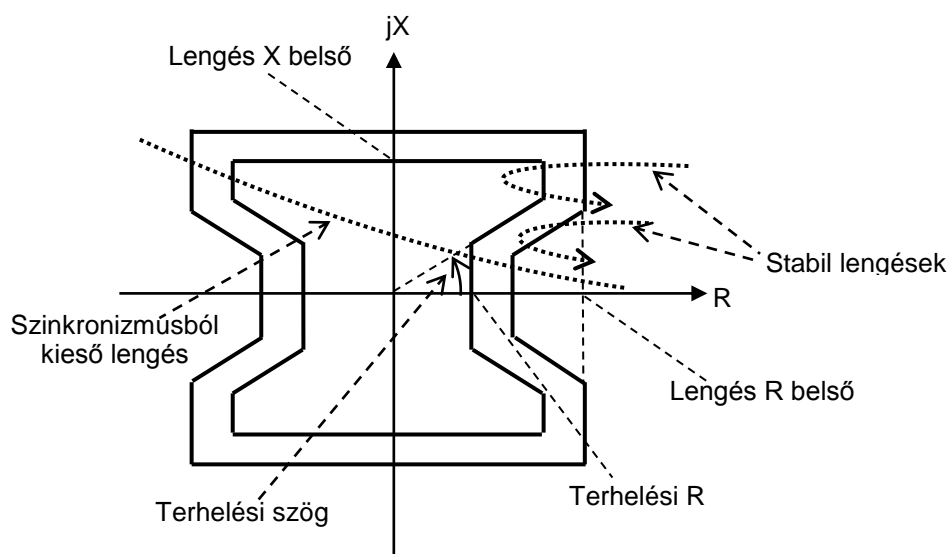
A fékezés azért szükséges, mert növekvő fázisáramok növelik az áramváltók hibáit. A beállítási tartomány az áramváltó névleges értékének 5 ... 30 %-a.

1.4 A lengészár beágyazott funkciója

Viszonylagosan hosszú átviteli távvezetéken a teljesítmény-lengés kis feszültségértéket és nagy áramot okozhat. A távolsági védelmi funkció ekkor csekély impedanciát mér, amely a kioldási karakterisztika belsejébe eshet. A lengészár funkciója a hibás kioldás elkerülését oldja meg.

A lengés lehet stabil, azaz a rendszer üzeme visszatér stabil állapotába, vagy lehet instabil, azaz a rendszer egy része kiesik a szinkronizmusból (1-11. ábra). A lengészár-funkció feladata, hogy lengés érzékelésekor reteszelve a távolsági védelmi funkciót. Emellett a funkció kioldást is létrehozhat, ha a rendszer kiesik a szinkronizmusból.

1.4.1 A lengészár paraméterei



Belső karakterisztika paraméterei:

„Lengés X belső”, „Lengés R belső”

Külső karakterisztika viszony-paraméterei a belsőre vonatkoztatva:

„Lengés Rki/Rbe”, „Lengés Xki/Xbe”

A terhelési szűkítési beállítások megegyeznek a távolsági védelmi funkció hasonló adataival:

„Terhelési R”, „Terhelési szög”

A karakterisztika külső vonala a terhelési szűkítés pontjainak az R tengely irányú arányos eltolásával nyerhető a már ismert szorzóval: „Lengés Rki/Rbe”

1-11. ábra. A lengészár funkciójának karakterisztikája.

A lengészár-funkció **paramétereit** az alábbi táblázatok tartalmazzák.

Felsorolt típusú paraméter

Paraméter neve	Elnevezés	Választási lehetőség	Alap-értelmezés
Teljesítménylengés (lengészár) paramétere, érzékelő fázisok száma:			
DIS21_PSD_EPar_	Lengészár üzemmód	Kikapcsolva, 1 ki a 3-ból, 2 ki a 3-ból, 3 ki a 3-ból	1 ki a 3-ból
Paraméter a szinkronizmusból való kiesés érzékelő funkciójának élesítésére:			
DIS21_Out_EPar_	Szink.ki üzemmód	Kikapcsolva, Bekapcsolva	Kikapcsolva

1-8. táblázat. A lengészár funkció felsorolt típusú paramétere

Egész típusú paraméterek

Paraméter neve	Elnevezés	Egység	Min	Max	Lépés	Alap-értelmezés
A teljesítménylengés érzékelő karakterisztikájának paramétere:						
DIS21_RRat_IPar_	Lengés Rki/Rbe	%	120	160	1	130
DIS21_XRat_IPar_	Lengés Xki/Xbe	%	120	160	1	130

1-9. táblázat. A lengészár funkció egész típusú paramétere

Lebegőpontos paraméterek

Paraméter neve	Elnevezés	Dim.	Min	Max	Alap-értelmezés
A teljesítménylengés-érzékelő karakterisztikájának impedancia-paramétere:					
DIS21_Xin_FPar	Lengés X belső	ohm	0,1	200	10
DIS21_Rin_FPar	Lengés R belső	ohm	0,1	200	10

1-10. táblázat. A lengészár funkció lebegőpontos paramétere

Késleltetés paramétere

Paraméter neve	Elnevezés	Egység	Min	Max	Lépés	Alap-értelmezés
A teljesítménylengés érzékelésének késleltetés-paramétere:						
DIS21_PSDDel_TPar_	Lengés-kivárás	ms	10	1000	1	40
DIS21_PSDSlow_TPar_	Nagyon lassú lengés	ms	100	10000	1	500
DIS21_PSDRes_TPar_	Lengés ejtési idő	ms	100	10000	1	500
DIS21_OutPs_TPar_	Szink.kiesés impulzus	ms	50	10000	1	150

1-11. táblázat. A lengészár funkció késleltetési paramétere

Logikai paraméterek

Paraméter neve	Elnevezés	Alap-értelmezés	Magyarázat
DIS21_Z1St_BPar_	Lengészár Z1 ret.eng.	0	logikai 1 beállítás a lengészár reteszelését az 1. fokozatra engedélyezi
DIS21_Z2St_BPar_	Lengészár Z2 ret.eng.	0	logikai 1 beállítás a lengészár reteszelését a 2. fokozatra engedélyezi
DIS21_Z3St_BPar_	Lengészár Z3 ret.eng.	0	logikai 1 beállítás a lengészár reteszelését a 3. fokozatra engedélyezi
DIS21_Z4St_BPar_	Lengészár Z4 ret.eng.	0	logikai 1 beállítás a lengészár reteszelését a 4. fokozatra engedélyezi
DIS21_Z5St_BPar_	Lengészár Z5 ret.eng.	0	logikai 1 beállítás a lengészár reteszelését az 5. fokozatra engedélyezi

1-12. táblázat. A lengészár funkció logikai paramétere

1.4.2 A lengészár beállítási útmutatója

Lengészár üzemmód

Szink.ki üzemmód

A lengészár és a szinkronizmusból való kiesés funkcióit függetlenül lehet élesíteni, illetve bénítani, de sok további paraméter közös.

A fenti két felsorolt típusú paraméter a két funkció számára alapvető. Ha a villamos energiarendszerben nincsenek hosszú átviteli vezetékek, ha a rendszer hurkolt, és az erőművek kapcsolatai szorosak, akkor ezekre a funkciókra nincs szükség, és mindkét fenti paramétert „Kikapcsolva” értékre kell állítani. Ilyen esetben a funkciók bénítottak, így a további paramétereknek nincs szerepük.

Megjegyzés: a „Lengésérz.retesselés” bináris bemenetnek megmarad a bénító hatása, ha a bemenet értéke logikai IGAZ.

Ha ezekre a funkciókra szükség van, akkor más beállítást kell választani. A szinkronizmusból való kiesés funkciójára „Bekapcsolva” értéket kell állítani, míg a lengészár funkcionál választani lehet „1 ki a 3-ból”, „2 ki a 3-ból” és „3 ki a 3-ból” közül. A teljesítménylengés általában háromfázisú jelenség, azonban egyes különleges esetekben előfordulhat tartós sánta üzem is. Ezek figyelembevételével lehet választani a paraméterek közül, vagy a funkciót bénítani.

PI. „2 ki a 3-ból” választása azt jelenti, hogy a lengést legalább két fázis-föld mérőhurokban kell érzékelni ahhoz, hogy a funkció retesselje a távolsági védelmi funkciót.

Lengészár Z1 ret.eng.

Lengészár Z2 ret.eng.

Lengészár Z3 ret.eng.

Lengészár Z4 ret.eng.

Lengészár Z5 ret.eng.

A következő feladat kiválasztani azt a fokozatot, amelyet a lengészár funkcióval bénítani kell. Ezekre szolgálnak a fenti logikai paraméterek.

A kiválasztásban segít a teljesítménylengés becsült periódusideje. Ha ugyanis ez az idő rövidebb, mint a fokozat késleltetése, akkor a lengési érzékelés hamarabb kilép a karakterisztikából, mielőtt a késleltetés ideje letelne, így a lengés nem idézheti elő a fokozat működését.

PI. ha a harmadik fokozat késleltetése 800 ms, és a becsült leglassúbb lengési frekvencia 1,5 Hz, azaz a periódusidő $T = 1/f = 667$ ms, akkor ezt a fokozatot nem kell bénítani. Ezt a döntést átfogó transziens stabilitási számítások és üzemi tapasztalatok alapján meghatározott, becsült lengési frekvenciára kell alapozni. A tanulmányokat az üzemi állapotok (elrendezés, váratlan események) és becsült eseménysorok (zárlat-kioldás-visszakapcsolás) variációira kell alapozni.

A következő magyarázatok feltételezik, hogy az 1. és 2. fokozatot a lengészárral bénítani kell. Ebben az esetben a „Lengészár Z1 ret.eng.” és a „Lengészár Z2 ret.eng.” logikai paramétereket élesíteni kell. A többi fokozatra, beleértve az irányváltó fokozatot is a fenti módszert kell alkalmazni.

Lengés X belső**Lengés R belső**

A lengés négyszögműködésének meghatározásához a következő megfontolásokat kell tenni.

Ennek a működésnek az a szerepe, hogy a normál üzemben mérhető legkisebb terhelési impedanciát elválassza a távolsági védelmi funkció működésétől. A belső négyszögnek körbe kell fogni a legnagyobb nem bénított fokozat beállítását (ebben a példában a 2. fokozatét). Ennek megfelelően:

$$\text{Lengés X belső} = k_x \cdot 2. \text{ fokozat X}$$

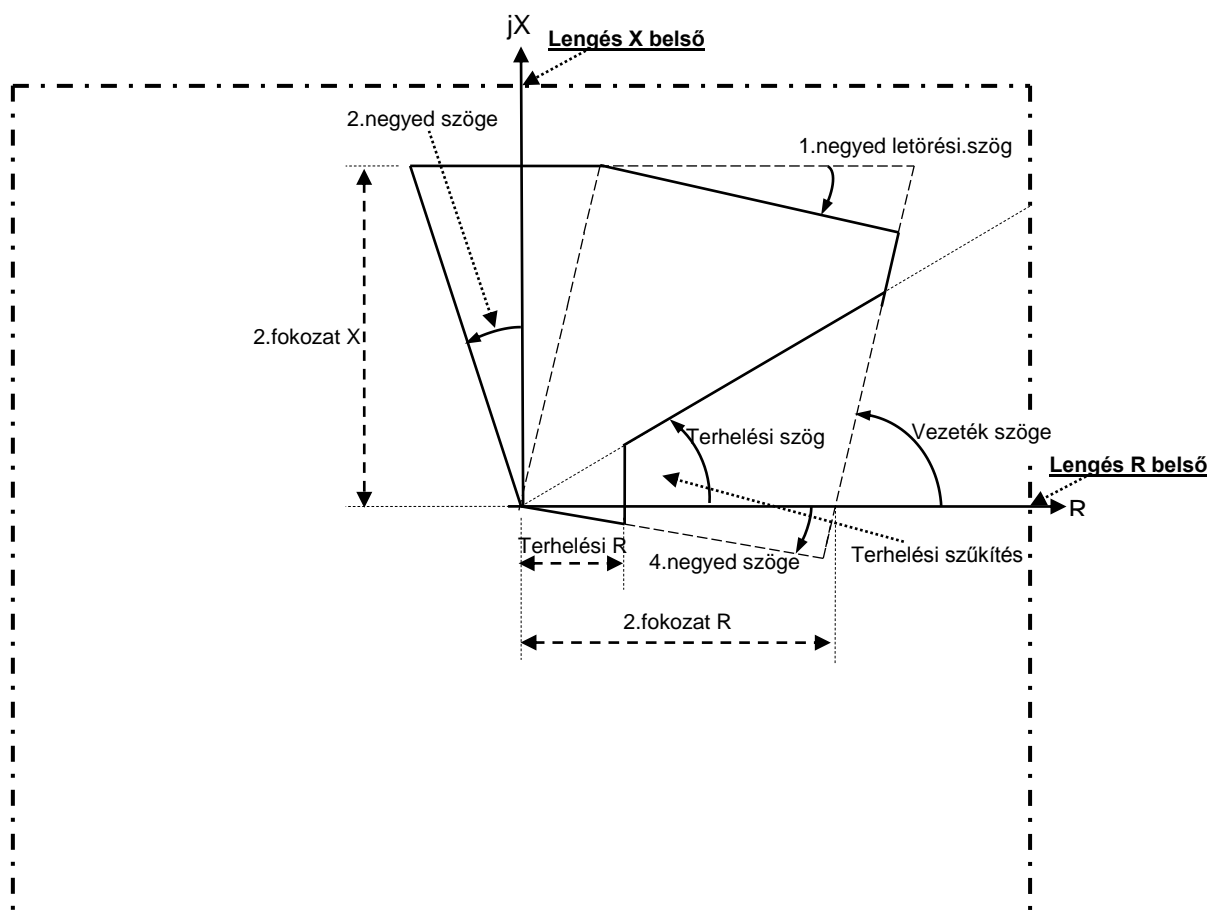
$$\text{Lengés R belső} = k_r \cdot [2. \text{ fokozat R} + 2. \text{ fokozat X} \cdot \text{ctg}(\text{Vezeték szöge})]$$

ahol

2. fokozat X	a 2. fokozat X beállítása
2. fokozat R	a 2. fokozat R beállítása
k_x	biztonsági tényező R irányban, legalább 1,2
k_r	biztonsági tényező R irányban, legalább 1,2

„Lengés R belső” fenti beállítási javaslata a 2. fokozat impedancia karakterisztikájának jobb felső sarkát veszi figyelembe (1-12. ábra).

A „2. fokozat R”, a „2. fokozat X” és a „Vezeték szöge” a távolsági védelem paraméterei.



1-12. ábra. A lengésár és a szinkronizmusból való kiesés funkciójának alap-beállítása

Példa:

400 kV-os vezetékvédelem

Áramváltó áttétele: $a_i = 2000 \text{ A} / 1 \text{ A}$ Feszültségváltó áttétele: $a_u = 400 \text{ kV} / 0.1 \text{ kV}$

Primer:

2. fokozat $R = 75 \Omega$ (primer érték)2. fokozat $X = 75 \Omega$ (primer érték)

Szekunder:

2. fokozat $R = a_i/a_u * 2. \text{ fokozat } R \text{ (primer)} = (2000/1)/(400/1)*75 \Omega = 37,5 \Omega$ (szekunder érték)2. fokozat $X = a_i/a_u * 2. \text{ fokozat } X \text{ (primer)} = (2000/1)/(400/1)*75 \Omega = 37,5 \Omega$ (szekunder érték)Vezeték szög = 73°

Ebben a példában a biztonsági tényező 1,2

Lengés X belső = $1,2 * 37,5 = 45 \Omega$ (szekunder érték)Lengés R belső = $k_r * [2. \text{ fokozat } R + 2. \text{ fokozat } X * \text{ctg}(\text{Vezeték szöge})] =$
 $= 1,2 * (37,5 + 37,5 * \text{ctg}73^\circ) = 58,8 \Omega$ (szekunder érték)Lengés X belső = 45Ω (szekunder érték)Lengés R belső = $58,8 \Omega$ (szekunder érték)**Lengés Rki/Rbe****Lengés Xki/Xbe**

Ez a két paraméter a külső és a belső négyszög arányát adja meg. A beállítás megszabja a lengészár mérési sávját. Az algoritmus méri, hogy a mért impedancia mennyi ideig van a sávban. Ez a beállítás szoros összefüggésben van a „Lengés-kivárási” időparaméterrel. A paraméterek növelésével növelni kell a „Lengés-kivárási” paramétert is.

Másrészt a külső négyszögnek nem szabad magában foglalni a becsült legnagyobb terhelés impedanciáját. A következő megfontolást célszerű tenni:

$$\text{Lengés Rki/Rbe} = 1/1,2 * R_{\text{terh min}} / \text{Lengés R belső}$$

Ennél a számításnál 1,2 a választott biztonsági tényező, és az „R terh min” a maximális terhelésnél mérhető ellenállás.

A „Lengés Rki/Rbe” paraméter beállítási tartománya 1,2 ... 1,6 (120 % ... 160 %). Ajánlatos a lehetséges legnagyobb értéket választani.

Ha a számítás kisebb értéket eredményez, mint 120 %, akkor alkalmazni kell a terhelési szűkítés módosítását. A távolsági védelmi funkció „Terhelési R” és a „Terhelési szög” paramétereinek beállításai közösek a lengészár paramétereivel.

A „Lengés Xki/Xbe” paraméter beállítása azonosra állítható, mint a „Lengés Rki/Rbe”-vel.

Példa:

400 kV-os vezetékvédelem

Áramváltó áttétele: $a_i = 2000 \text{ A} / 1 \text{ A}$ Feszültségváltó áttétele: $a_u = 400 \text{ kV} / 0.1 \text{ kV}$

Maximális terhelés (valamivel a termikus határ alatt): $P_{\max} = 1000 \text{ MW}$

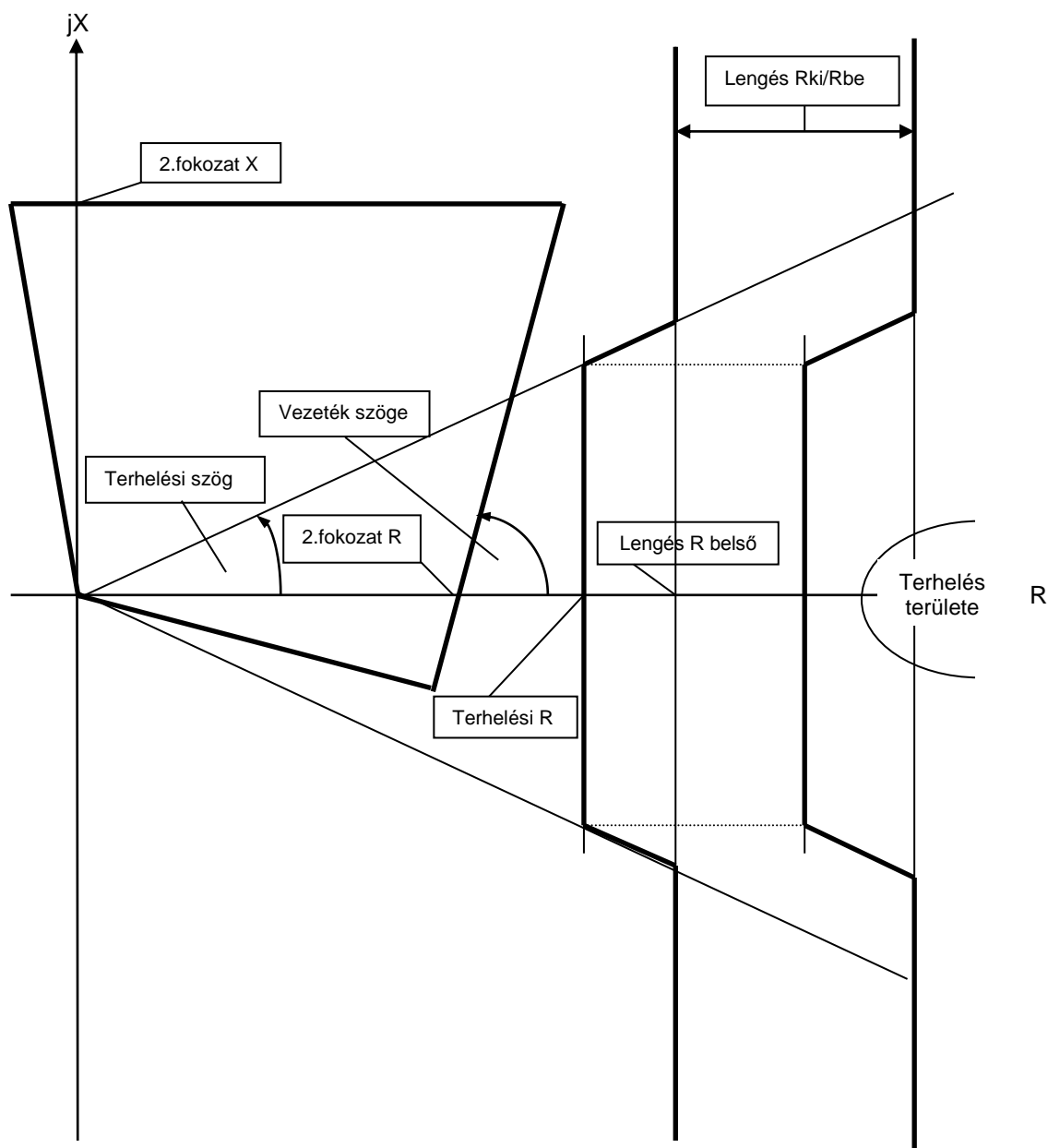
Lengés R belső = $58,8 \Omega$ (szekunder érték; lásd az előző számítást)

$$R_{\text{terh min}} = \frac{U^2}{P_{\max}} = \frac{400^2}{1000} = 160 \Omega \text{ (primer érték)}$$

$R_{\text{terh min}} = a_i/a_u * R_{\text{terh min}} = (2000/1)/(400/1)*160 \Omega = 80 \Omega$ (szekunder érték)

Lengés $R_{ki}/R_{be} = 1/1,2 * R_{\text{terh min}} / \text{Lengés R belső} = 1/1,2 * 80 / 58,8 = 1,13$

Ez a viszonyszám keskeny sávot ad, ezért ajánlatos terhelési szűkítést beállítani.



1-13. ábra. A lengésszár karakterisztikájának illesztése a távolsági védelem karakterisztikájához

Ha

Terhelési $R = 50 \Omega$ (szekunder érték)

volt beállítva, akkor

$$\begin{aligned} \text{Lengés } R_{ki}/R_{be} &= 1/1,2 * R_{\text{terh min}} / \text{Lengés } R_{\text{belső}} = \\ &= 1/1,2 * R_{\text{terh min}} / \text{Lengés } R_{\text{külső}} * \text{Lengés } R_{ki}/R_{be} \end{aligned}$$

és így

$$\text{Lengés } R_{ki}/R_{be} = \sqrt{1/1,2 * R_{\text{terh min}} / \text{Lengés } R_{\text{külső}}}$$

$$\text{Lengés } R_{ki}/R_{be} = \sqrt{\frac{1}{1,2} * \frac{80 \Omega}{50 \Omega}} = \sqrt{1,92} = 1,38$$

Tehát:

$$\underline{\text{Lengés } R_{ki}/R_{be} = 1,38}$$

A „Terhelési szög“ értéke 25° . Az így kiválasztott paraméterekkel a lengészár karakterisztikája a távolsági védelemmel együtt az *1-13 ábrán* látható.

Lengés-kivárás

Ha ennél a késleltetésnél nagyobb ideig van a mért impedancia a lengészár impedancia-sávjában, akkor a lengészár lengést érzékelvén reteszeli a kioldást. Ha az idő rövidebb, azaz az impedancia „beugrik” a karakterisztika belsejébe, az zárlatot jelent, és kioldás létrejöhet.

A paraméter meghatározása nehéz. Részletes tranziens stabilitási vizsgálatokat kell elvégezni, amely több hálózati elrendezést és zárlati folyamatot tételez föl. Meg kell állapítani azt a legrövidebb időt, ami alatt lengés esetén az érzékelt impedancia elhagyná a kijelölt sávot, és bejutna a fokozatok impedancia-karakterisztikájának belsejébe, és nemkívánatos kioldást hozna létre. A késleltetés beállításának kisebbnek kell lenni, mint a széleskörű szimuláció legrövidebb ideje.

Egy másik nagyon hasznos megközelítés az algoritmus oldaláról indul ki. Ehhez meg kell határozni a számított impedancia számára a leghosszabb lehetséges időtartamot, ami alatt a zárlati tranziens során elhagyja a megadott impedanciasávot. Ez alatt az idő alatt ugyanis nem szabad reteszelné a távolsági védelmi funkciót.

Az algoritmus működése ismert. Az impedancia a zárlat előtti számított adatokkal indul, és gyakorlatilag egy periódus (50 Hz-nél kb. 20 ms) alatt beáll a karakterisztikára, és kioldást hoz létre. Az impedancia állandósult érték, ezért még elméletileg is egy hálózati periódus szükséges ahhoz, hogy a zárlat alatt elérje a végleges értéket. A gyakorlatban az alkalmazott számítás nem szűri ki teljesen az összes tranziens összetevőt, ezért az impedancia egy periódusnál valamivel több időt igényel, hogy elérje az állandósult értéket.

A számított impedancia mozgása a tranziens kezdetén gyorsabb, és gyakorlatilag garantált, hogy a sávot egy perióduson belül elhagyja.

Így a beállítandó érték:

$$\underline{\text{Lengés kivárás} = 20 \text{ ms}}$$

Ha a becsült legnagyobb lengési frekvencia 5 Hz, akkor a teljes lengési periódus 200 ms. A lengés sebessége kezdetben lassú, amikor az impedanciasávot eléri, és leggyorsabb, amikor a legkisebb impedanciát eléri, így a 20 ms-os beállítás általában helyes. Ha részletes tranziens stabilitási szimuláció ajánlja, ezt az értéket csökkenteni lehet.

Ha az impedancia a sávon belül van, akkor az algoritmus a beállított késleltetés után „Telj.lengés van” (1-9. ábra, „PSDdet”) bináris kimenő jelet hoz létre a távolsági védelmi funkciónál. Ez a jel visszaesik, ha az impedancia a külső poligont elhagyja, és a „Lengési ejtési idő” letelik (lásd később). A jel szintén visszaesik, ha a lengés alatt zárlatot érzékel, azaz a számított impedancia „beugrik”.

Ha a „Telj.lengés van” állapot aktív (fennáll), a lengészár funkció reteszeli a távolsági védelmi funkció kioldó parancsát.

Nagyon lassú lengés

Ez a késleltetés feloldja a reteszelést, ha a mért impedancia túlzottan hosszú ideig van a lengészár funkció sávjában. Ez akkor lehetséges, ha a terhelés nagyobb, mint a becsült legnagyobb érték, vagy a lengészár poligonja túl nagy értékre van állítva. Ha szükséges, javítani kell a beállításon. Az idő letelte után az algoritmus a reteszfeloldás mellett „Nagyon lassú lengés” (1-9. ábra, „PSDslow”) bináris kimeneti jelet is létrehoz. Az állapotot feloldja, ha a mért impedancia elhagyja a lengészár külső poligonját, és a „Lengési ejtési idő” letelik (lásd később).

A késleltetést nagyobbra kell állítani, mint a becsült leglassúbb lengés periódusideje. Ha pl. a gyakorlatból 1 Hz becsülhető, akkor a beállítási idő ne legyen hosszabb, mint 1000 ms.

Lengés ejtési idő

A paraméternek két feladata van:

- a reteszelési állapot meghosszabbítása,
- a „Nagyon lassú lengés” idejének meghosszabbítása.

A teljesítménylengésről feltételezhető, hogy vagy visszatér stabil üzemre, vagy a vezeték két végén lévő feszültség közötti szög folyamatos változása szinkronizmusból való kieséshez vezet. Mindkét esetben a mért impedancia elhagyja a lengészár külső impedancia-karakterisztikáját. A sáv elhagyásának pillanatában indul a „Lengés ejtési idő”, amely a beállított ideig fut. Ez azt jelenti, hogy a reteszelési állapot a „Lengés ejtési idő” idejéig még tovább tart.

Ha nincs más meggondolás, a gyári beállítást célszerű meghagyni.

Szink.kiesés impulzus

A szinkronizmusból való kiesést a funkció úgy érzékeli, hogy az érzékelt impedancia külső poligonba való belépésekor rögzíti az R előjelét, és ha kilépéskor az előjel ellentétes, akkor a szinkronizmusból való kiesés történt. Ha a kioldás engedélyezve van, a „Szinkr.kiesés kiold” (1-9. ábra, „OutTr”) bináris kimeneti jel aktív lesz. A grafikus egyenletszerkesztő segítségével kell a jellel kioldó parancsot létrehozni. A „Szink.kiesés impulzus” paraméter meghatározza bináris kimeneti jel és így a kioldó impulzus időtartamát. Beállítása legyen olyan, hogy a megszakító a kioldást biztosan végre tudja hajtani (pl. 200 ms).

1.5 A hibahelyi távolság számítása

A távolsági védelmi funkció kiválasztja a zártas hurok impedanciáját (pozitív sorrendű összetevőit), és a mért pozitív sorrendű reaktanciát viszonyítja a vezeték teljes reaktációjára, ebből kiszámítja a hibahely távolságát. A referenciát a „Vezeték reaktancia” lebegőpontos paraméterrel kell megadni. Ugyancsak meg kell adni a „Vezeték hossz” paramétert is, és ebből a funkció kilométerben számítja ki a hibahely távolságát.

1.5.1 Paraméterek a hibahelyi távolság számításához

Lebegőpontos paraméterek

Paraméter neve	Elnevezés	Dim.	Min	Max	Alap-értelmezés
A védett vezeték adatai a hibahely távmérőhöz:					
DIS21_Lgth_FPar_	Vezeték hossz	km	0,1	1000	100
DIS21_LReact_FPar_	Vezeték reaktancia	ohm	0,1	200	10

1-13. táblázat. A hibahelyi távolság lebegőpontos paramétere

1.5.2 Beállítási útmutató

Példa a vezeték adatainak beállítására.

A beállításhoz az alábbi adatok szükségesek:

120 kV-os távvezeték	
hossz	40 km
fajlagos pozitív sorrendű reaktancia	$x1 = 0,41 \Omega/\text{km}$
feszültségváltó áttétel	$au = 120 \text{ kV} / 0,1 \text{ kV}$
áramváltó áttétel	$ai = 600 \text{ A} / 5 \text{ A}$

Számítás:

Vezeték hossz

Vezeték hossz = 40 km

Vezeték reaktancia

Példa:
400 kV-os vezetékvédelem

Áramváltó áttétele: $ai = 2000 \text{ A} / 1 \text{ A}$
Feszültségváltó áttétele: $au = 400 \text{ kV} / 0,1 \text{ kV}$

A primer reaktancia: $X_{\text{prim}} = \text{hossz} * x1 = 16,4 \Omega$
A szekunder oldalra átszámítva: $X_{\text{szek}} = ai / au * X_{\text{prim}} = (600/5) / 120/0,1 * 16,4 = 1,64 \Omega$

A beállítandó érték:

Vezeték reaktancia = 1,64 Ω

1.6 Gyors túláramvédelmi funkció zárlatra kapcsolási logikával

A zárlatra kapcsolást érzékelő funkció késleltetés nélküli kioldó parancsot hoz létre, ha a funkció élesítve van, és zárlatra kapcsolást érzékel. A működés feltétele lehet bármelyik távolsági védelmi fokozat ébresztő jele vagy a gyors túláramvédelmi funkció megszólalása, amelyek a „Zárl.kapcs.fokozat” paraméterrel ki van jelölve. Részleteket a „Zárlatra kapcsolást érzékelő funkció” („ZK érzékelő funkció”) leírásában lehet megtalálni.

A gyors túláramvédelmi funkció működik, ha a fázisáram értéke a beállított „Zárlatra kapcs. I>ind.” paraméterérték felett van.

1.6.1 A zárlatra kapcsolási logika paraméterei

A zárlatra kapcsolás érzékelő funkció paraméterei a következő táblázatokban értelmezhetők.

Felsorolt típusú paraméter

Paraméter neve	Elnevezés	Választási lehetőség	Alap-értelmezés
Paraméter a zárlatra kapcsolási funkció számára egy távolsági védelmi fokozat, vagy a gyors túláramvédelem kiválasztására:			
DIS21_SOTFMd_EPar_	Zárl.kapcs. fokozat	Kikapcsolva, 1.fokozat, 2.fokozat, 3.fokozat, 4.fokozat, 5.fokozat, Gyors túl.véd.	1.fokozat

1-14. táblázat. A zárlatra kapcsolási logika felsorolt típusú paraméterei

Egész típusú paraméterek

Paraméter neve	Elnevezés	Egység	Min	Max	Lépés	Alap-értelmezés
Túláramvédelem megszólalási paramétere zárlatra való rákapcsolás esetén, ha a DIS21_SOTFMd_EPar_ paraméter „Gyors túl.véd.”-re lett beállítva:						
DIS21_SOTFOC_IPar_	Zárlatra kapcs. I>ind.	%	10	1000	1	200

1-15. táblázat. A zárlatra kapcsolási logika egész típusú paraméterei

1.6.2 Beállítási útmutató

A zárlatra kapcsolási logika működésének alapvető feltétele, hogy a távolsági védelemben a „Zárlatra kapcsolást érzékelő funkció” bináris bemenete („Zárl.kapcs.feltétel”, „SOTF COND”) aktív állapotban legyen. Ez a bemenet jelzi, hogy feszültségmentes állapotban („holt vezeték”, „dead line”) bekapcsolási parancs kiadása történt (lásd az 1.2. fejezetet és az 1-9. ábrát). A másik feltétel a zárlat érzékelése. A zárlatot akár valamelyik távolsági védelmi fokozat, akár a gyors túláramvédelmi funkció érzékelheti. A választást a felhasználó feladata a „Zárl.kapcs. fokozat” paraméter megfelelő beállításával.

Zárl.kapcs. fokozat

A paraméter kiválasztja a távolsági védelem egyik fokozatát vagy a gyors túláramvédelmi funkciót.

Valamelyik távolsági védelmi fokozat kiválasztásakor (pl. „3.fokozat”, lásd az 1-14. táblázatot) a kioldási parancs járulékos feltétele a fokozat megszólalása. A döntés feltételezi, hogy az érintett fokozat „Nem irányított” beállításban van (1-1. táblázat).

A „Gyors túl.véd.” kiválasztásakor a kioldási parancs járulékos feltétele a beágyazott túláramvédelmi funkció megszólalása. Ez a funkció egy periódus alatt működik, ha az áram nagyobb, mint a „Zárlatra kapcs. I>ind.” egész típusú paraméter beállítása.

Zárlatra kapcs. I>ind.

Ezt az áramértéket biztonsággal nagyobbra kell állítani, mint a legnagyobb terhelési áram, beleértve normál üzemben a lehetséges bekapcsolási áramot, azonban kisebbnek kell állítani a legkisebb zárlati áramnál, amely bekapcsoláskor előállhat. Ennek a védelemnek nincs késleltetése.

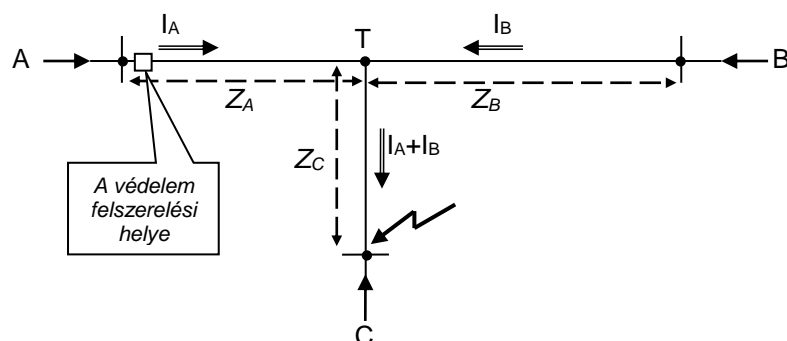
1.7 Néhány különleges alkalmazás beállítási útmutatója

1.7.1 Többvégpontú átviteli vezeték

Többvégpontú távvezeték esetén pl. az A gyűjtősínnél lévő (1-14. ábra) távolsági védelem első fokozatát a legközelebbi végpont közvetlen impedanciájából kell számítani. Ha az 1-14. ábrán látható elrendezésben az AC távolság hosszabb, mint az AB, akkor Z_{AB} impedancia a mértékadó, azaz:

$$Z_A^I \leq \frac{Z_{AB}}{1 + \varepsilon}$$

A második fokozat beállításánál figyelembe kell venni, hogy a védelem a TC közötti szakaszt a betáplálási torzítás miatt nagyobbban érzékeli, ezért a beállítást nagyobbra kell választani:



1-14. ábra. Impedanciamérés háromvégpontú távvezetékénél

Az 1-14. ábra szerint C helyen fellépő zárlat esetén a mért impedancia:

$$Z_{\text{mért}} = Z_A + \frac{I_A + I_B}{I_A} Z_C$$

Ez az impedanciaérték nagyobb, mint a $Z_A + Z_B$ hosszal arányos impedancia. A második fokozat helyes beállítása tehát:

$$Z_A^{II} \geq \frac{Z_{\text{mért}}}{1 - \varepsilon} = \frac{1}{1 - \varepsilon} \left(Z_A + \frac{I_A + I_B}{I_A} Z_C \right)$$

Itt a lehetséges legnagyobb $\zeta = \frac{I_A + I_B}{I_B}$ betáplálási torzítási tényezőt kell figyelembe venni. A számítást a B végpontra is el kell végezni, mert lehetséges, hogy a betáplálási torzítási tényező nagyobb, mint amennyivel kisebb az impedancia.

1.7.2 Párhuzamos vezeték torzítása

Kétrendszerű távvezeték esetén az egyik vezetékben folyó zérus sorrendű áram a zérus sorrendű kölcsönös impedancián zérus sorrendű feszültséget indukál a másik vezetékbe. Földrövidzárlat esetén ez a feszültség torzítja az impedanciamérést. A védett vezetékbe indukált feszültség iránya a párhuzamos vezetéken folyó áram irányától függ.

A vezeték végén fellépő földrövidzárlatkor a lehetséges legkisebb mért impedancia kell, hogy meghatározza a távolsági védelmi funkció első fokozata beállítását:

$$Z^I \leq \frac{Z_{\text{mért_min}}}{(1 + \varepsilon)}$$

A $Z_{\text{mért_min}}$ minimális érték akkor fordul elő, ha a párhuzamos vezeték mindkét oldalon le van földelve.

A távolsági védelmi funkció második fokozata beállításához a legnagyobb mért impedanciát kell meghatározni:

$$Z^{II} \geq \frac{Z_{\text{mért_max}}}{(1 - \varepsilon)}$$

A $Z_{\text{mért_max}}$ maximális érték akkor fordul elő, ha a párhuzamos vezeték normál üzemben van.

Mivel az így megállapított második fokozat $Z_{\text{mért_min}}$ érzékelésekor messze kinyúlik a következő vezetékre, késleltetését, ha szükséges, meg kell emelni két szelektív időlépcsőre. A járulékos késleltetést át lehet hidalni védelmi parancsátvitel alkalmazásával, amely gyors zárlathárítást eredményez a védett vezeték teljes hosszára.

Választható más megoldás is. A párhuzamos vezetékekre a zérus sorrendű áram különleges kompenzálását is alkalmazni lehet. Ebben az esetben a párhuzamos vezetéken folyó zérus sorrendű áramot a készülék kijelölt kapcsaira kell kötni, és a β_R és β_X tényezőket (paraméterek: „Paralel vez.Xm/3X1“ „Paralel vez.Xm/3Xm“) megfelelően be kell állítani (1.1.3. fejezet).

2 Függelék: A teljesítményátvitel és a hibahelyi ellenállás miatti impedanciatorzulás kompenzálása

A távolsági védelmi funkció algoritmus a mért reaktanciára alapozva számolja ki a hiba távolságát.

Ha a hibahelyi ellenállást nem lehet elhanyagolni, és a zárlat előtt jelentős teljesítmény folyt a védett vezetéken, akkor a számított reaktanciaérték torzul. Ez a torzulás a távolsági védelmi funkció túlmérését vagy alulmérését okozza. Túlmérés a védett szakaszon kívüli zárlatra nem szelektív működést eredményezhet.

A mért távolság torzulásának kompenzálására a poligon karakterisztika X határvonalát a védett vezetéken a zárlat előtt folyt teljesítménytől függően dönteni kell fel vagy le. A döntési szög értéke műszaki megfontolást igényel. A számítási módszer az alábbiakban ismerhető meg.

2.1 Számítás háromfázisú zárlatra

A villamos rendszert a számítás érdekében két pontra kell redukálni. A védett vezeték a két pont között helyezkedik el. A védett vezeték két egyenértékű generátor táplálja. A számítás szuperpozícióval történik, amelynek két összetevője a következő:

- az első összetevő a zárlat előtti állandósult állapot, ebben a hiba helyén uralkodó feszültséget kell kiszámolni,
- a második összetevőt a zárlatos állapotban a zárlat helyére kapcsolt megelőző feszültség negatív értékével és passzív hálózattal kell kiszámolni.

A két összetevő összege adja a zárlatos állapotot előzetes teljesítmény-átvitellel.

A szuperpozíció eredménye szolgáltatja a védelem felszerelési helyén uralkodó feszültséget és áramot. Ezeket kell behelyettesíteni a távolsági védelmi algoritmus egyenleteibe.

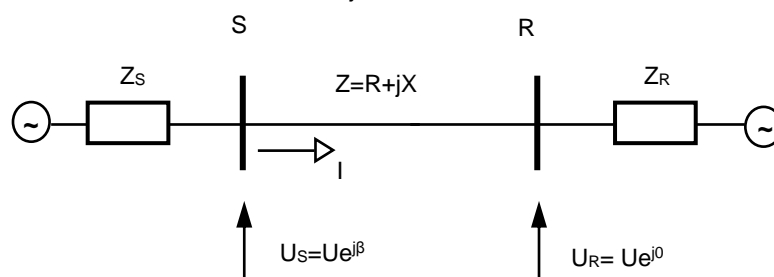
Az így megállapított mért impedanciáknak a védett vezeték impedanciájához való viszonyításával a torzítás kiértékelhető. A torzítást kompenzálni lehet a távolsági védelem reaktancia-vonalának megfelelő döntésével.

A számítási módszer feldolgozásával számos befolyásoló tényezőt is ki lehet értékelni.

Zárlati szimulációs szoftver került kidolgozásra, hogy gyakorlati célra is legyenek kiértékelhető információk. A leírásban alább bemutatott diagramok a szimulációs szoftver eredményei.

2.1.1 A zárlat előtti teljesítményátvitel modellje

A modellt paraméterekkel a 2-1. ábra mutatja.



2-1-. ábra. A zárlat előtti teljesítményátvitel modellje

A modellben a referenciafeszültség a védett vezeték R végponti feszültsége.

$$U_R = \frac{U_N}{\sqrt{3}}$$

Az X pont a zárlat helye is. A védelem a vezeték elején, az S ponton van beépítve.

A zárlat előtti állandósult állapotban a teljesítményáramlást a következő egyszerűsített egyenlettel lehet kiszámolni:

$$P = \frac{U^2}{X} \sin(\beta)$$

Megjegyzés: vonali feszültséggel számolva a teljesítmény a három fázisú teljesítményt adja, míg fázisfeszültséggel az egyfázisú teljesítményt.

A közelítés elhanyagolja a vezeték veszteségét, azonban ez a közelítés elfogadható.

Az X reaktanciát kell mérni az R és az S pont között, közben a feszültségek közötti β szög változik. A R és S pontok a vezeték végpontjai, „X” pedig a vezeték reaktanciája.

Jó közelítéssel mondható, hogy a feszültségek nagysága a két végponton azonos, így az átvitt teljesítmény csak a β szögtől függ.

Adott teljesítményhez tartozó β szög:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{P \cdot X}{U^2}\right)$$

A referencia az R oldali feszültség, így az S oldali feszültség a védelem felszerelési helyén:

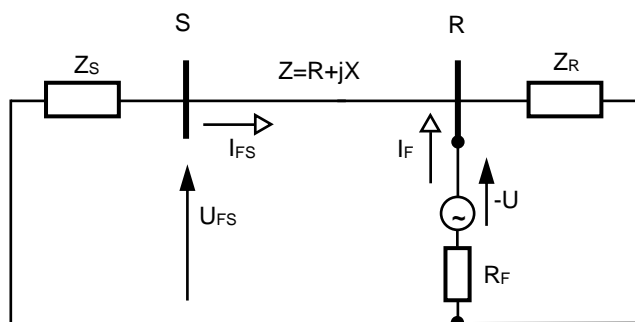
$$U_S = U^* e^{j\beta}$$

A védelemnél folyó áram:

$$I_S = \frac{U^*(e^{j\beta} - 1)}{Z}$$

2.1.2 Háromfázisú zárlat modellje

Az egyszerűség kedvéért először háromfázisú zárlat legyen az R sínen. A szuperpozíció második összetevőjét a 2-2 ábra helyettesítő hálózata szerint lehet számolni.



2-2. ábra. Háromfázisú zárlat számításának modellje

A zárlatra vonatkozó eredő impedancia:

$$Z_e = \frac{(Z_S + Z) * Z_R}{(Z_S + Z + Z_R)} + R_F$$

Áram a zárlat helyén:

$$I_F = \frac{-U}{Z_e}$$

Áramosztással meghatározható a védelem felszerelési helyén folyó áram:

$$I_F = I_F \frac{Z_R}{Z_S + Z + Z_R}$$

A feszültség a védelem felszerelési helyén:

$$U_{FS} = 0 - Z_S * I_{FS}$$

2.1.3 A háromfázisú zárlat szuperpozíciója

A fentiekben kiszámított két összetevő összegezésével a védelem felszerelési helyén uralkodó feszültség és áram a következő:

$$\begin{aligned} U_{F \text{ véd}} &= U_S + U_{FS} \\ I_{F \text{ véd}} &= I_S + I_{FS} \end{aligned}$$

2.1.4 Impedanciaszámítás

Jól ismert, hogy háromfázisú zárlat esetén mind a hat mérési hurokban a számított impedancia a védelem felszerelési helye és a zárlat helye közötti pozitív sorrendű impedancia. Egysarkú földrövidzárlat esetén az itteni adatokkal:

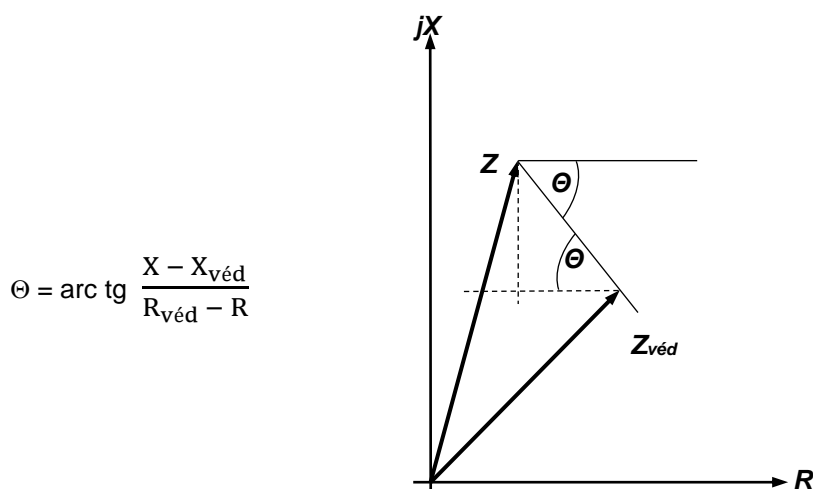
$$Z_{\text{véd}} = \frac{U_{F \text{ véd}}}{I_{F \text{ véd}} + \alpha * 3I_0} = R_{\text{véd}} + jX_{\text{véd}}$$

A zérus sorrendű áram kompenzációs tényezője:

$$\alpha = \frac{Z_0 - Z_1}{3 * Z_1}$$

Háromfázisú zárlatnál azonban nincs zérus sorrendű áram.

Az impedanciasíkon a vezetékimpedanciát és a számított impedanciát ábrázolva (2.3. ábra) az impedanciatorzulás kiértékelhető, és a torzítás kompenzálásához szükséges karakterisztika-döntés Θ szöge látható.



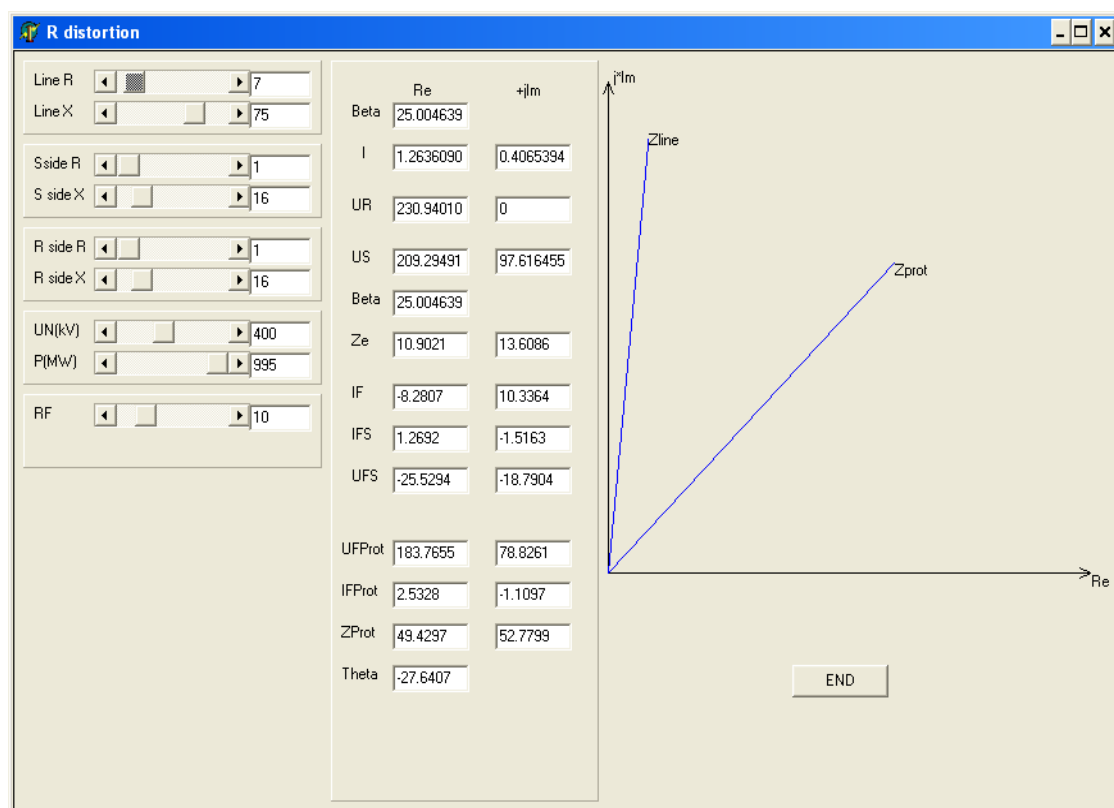
2-3. ábra. A mért impedancia torzulása

2.2 Számítási példa

Az alábbi példa bemutatja a számítási módszert háromfázisú zárlat esetére.

A hálózati adatok megfelelnek a 400 kV-os távvezetéknek. Az adatok a szimulációs szoftver képernyőjén a 2-4. ábrán láthatók.

A képernyő megmutatja, hogy a vezeték két végponti feszültsége közötti szög $\beta = 25^\circ$, ez 995 MW zárlat előtti teljesítménynek felel meg. Ha a hibahelyi ellenállás 10Ω , akkor az X karakterisztikavonal szükséges döntése $\Theta = -27,64^\circ$.



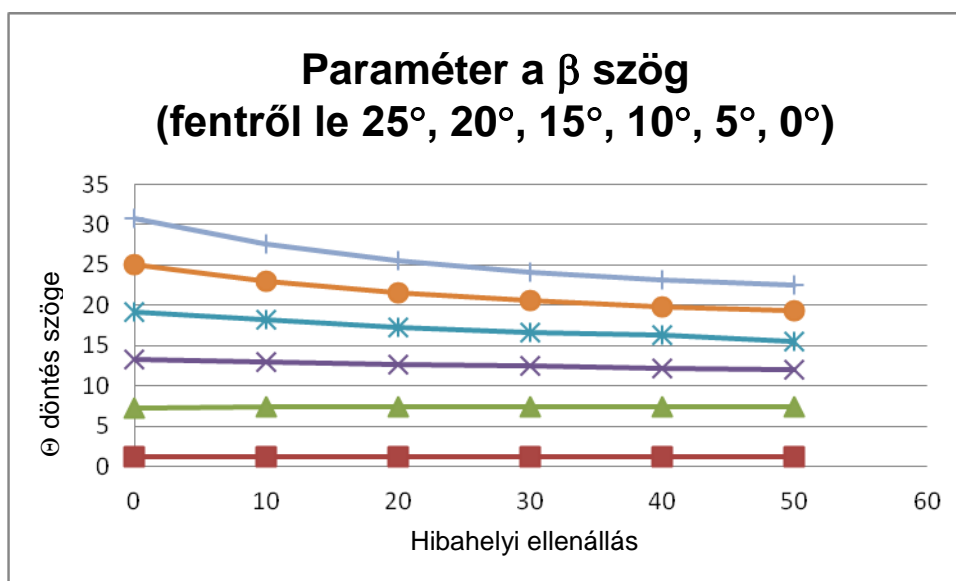
2-4. ábra. A szimulációs szoftver képernyője háromfázisú zárlatra

A szimulációs szoftverben a csúszkák mozgásával különböző tényezők befolyását lehet megismerni. Az eredményt a diagramok mutatják. A 2-5. ábra és a 2-6. ábra diagramjai bemutatják a példát.

Hibahelyi ellenállás(Ω)	0	10	20	30	40	50	P(MW)	Átlag
Béta($^\circ$)	($^\circ$)	($^\circ$)	($^\circ$)	($^\circ$)	($^\circ$)	($^\circ$)		($^\circ$)
0	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	0	1.23
5	7.31	7.34	7.38	7.41	7.43	7.45	187	7.386667
10	13.32	12.97	12.66	12.44	12.21	12.05	377	12.60833
15	19.24	18.16	17.32	16.71	16.24	15.58	572	17.20833
20	25.09	23.04	21.57	20.59	19.86	19.32	777	21.57833
25	30.84	27.64	25.53	24.14	23.21	22.5	995	25.64333

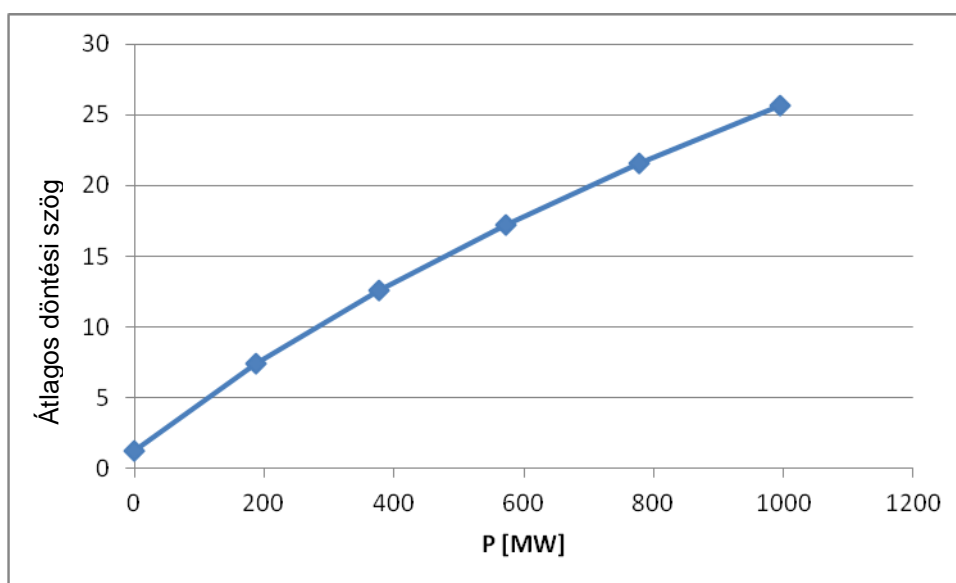
2-5. ábra. A szükséges döntés szöge háromfázisú zárlat esetén

A számított eredmény alapján a 2-6 ábrán látható diagramokat lehet megrajzolni.



2-6. ábra. Diagramok háromfázisú zárlat esetére

A 2-6. ábra mutatja, hogy a szükséges döntés szögváltozása a hibahelyi ellenállás függvényében viszonylag csekély. Ezért a β szög függvényében átlagos döntési értékkel lehet számolni, ezt mutatja a 2-7. ábra diagramja.



2-7. ábra. Átlagos döntési szög az átvitt teljesítmény függvényében háromfázisú zárlat esetére

A védelemben a „névleges” teljesítménynek megfelelő maximum döntési szöget kell paraméterként beállítani, az algoritmus három lépésben arányosan csökkenti a tényleges szöveget. Fordított teljesítményiránynál az X karakterisztikavonal emelkedik, ezzel növekszik az impedanciasíkon a működési terület.

2.3 Aszimmetrikus zárlat hatása

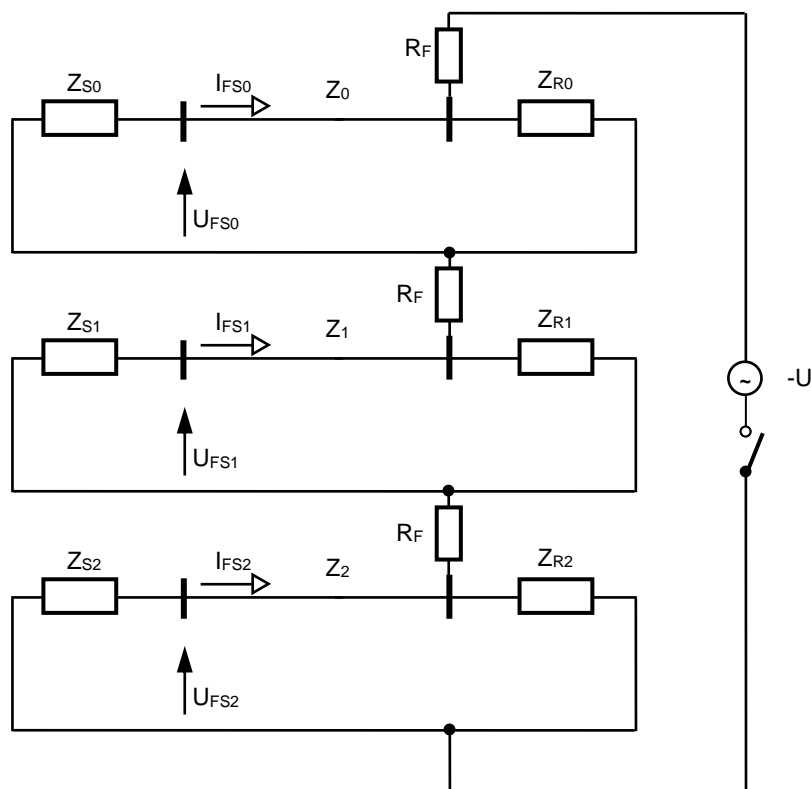
Ez a fejezet egyfázisú földrövidzárlatot tárgyal általános következtetések levonása céljából.

2.3.1 A zárlat előtti teljesítménytvitel modellje

A zárlat előtti teljesítménytvitel viszonyai nem függenek a zárlat fajtájától, így a szuperpozíció első összetevője ugyanaz, mint háromfázisú zárlatnál (2.1.1. fejezet).

2.3.2 Egyfázisú földrövidzárlat modellje

A második összetevő számításának helyettesítő hálózata a 2-8. ábrán látható.



2-8. ábra. Az egyfázisú földrövidzárlati összetevő számításának modellje

A modell magában foglalja a passzív pozitív, negatív és zérus sorrendű helyettesítő hálózatot, amelyekben sorosan be van iktatva az R_F hibahelyi ellenállás. A számítás a modellre alapozva a következő:

- a szimmetrikus helyettesítő hálózatok eredő impedanciájának kiszámítása,
- a pozitív, negatív és zérus sorrendű hibahelyi áramok kiszámítása,
- a védelem felszerelési helyén folyó áramösszetevők kiszámítása,
- a védelem felszerelési helyén folyó feszültségösszetevők kiszámítása,
- a védelem felszerelési helyén folyó fázisáramok kiszámítása,
- a védelem felszerelési helyén folyó fázisfeszültségek kiszámítása

2.3.3 Egyfázisú földrövidzárlat szuperpozíciója

A szuperpozíció szerint a védelem felszerelési helyén a zárlat előtti feszültséget és áramot össze kell adni az egyfázisú földrövidzárlat feszültségével és áramával.

2.3.4 Impedanciaszámítás

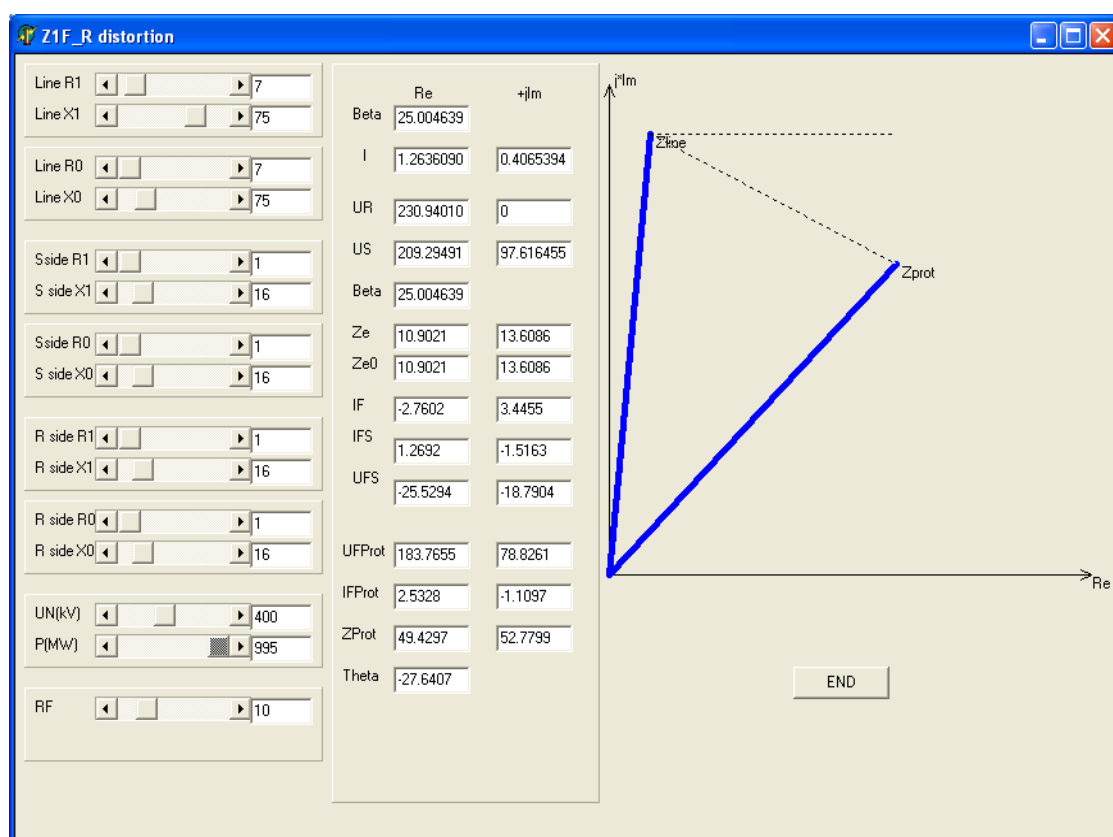
A zérus sorrendű áramkompenzálást tartalmazó egyfázisú érzékelő egyenletbe be kell helyettesíteni a szuperponált feszültséget és áramot, és kiszámítani a zárlati impedanciát.

2.4 Számítási példa

Az alábbi példa bemutatja a számítási módszert egyfázisú földrövidzárlat esetére.

A hálózati adatok megfelelnek a 400 kV-os távvezetéknek feltételezve, hogy a zérus sorrendű impedanciák azonosak a pozitív sorrendűekkel. Az adatok a szimulációs szoftver képernyőjén a 2-9. ábrán látható.

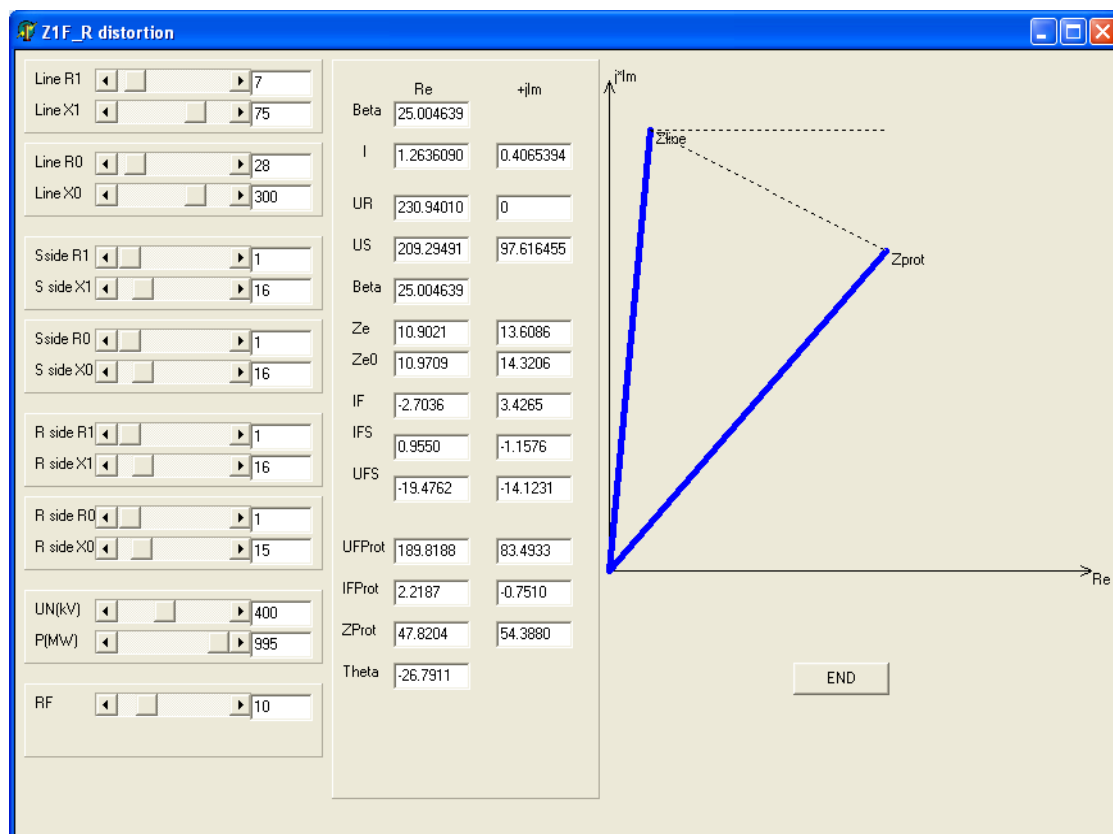
A képernyő megmutatja, hogy a vezeték két végponti feszültsége közötti szög $\beta = 25^\circ$, ez 995 MW zárlat előtti teljesítménynek felel meg. Ha a hibahelyi ellenállás 10Ω , akkor az X karakterisztikavonal szükséges döntése $\Theta = -27,64^\circ$. Ez ugyanaz az eredmény, mint háromfázisú zárlat esetén.



2-9. ábra. A szimulációs szoftver képernyője egyfázisú földrövidzárlatra

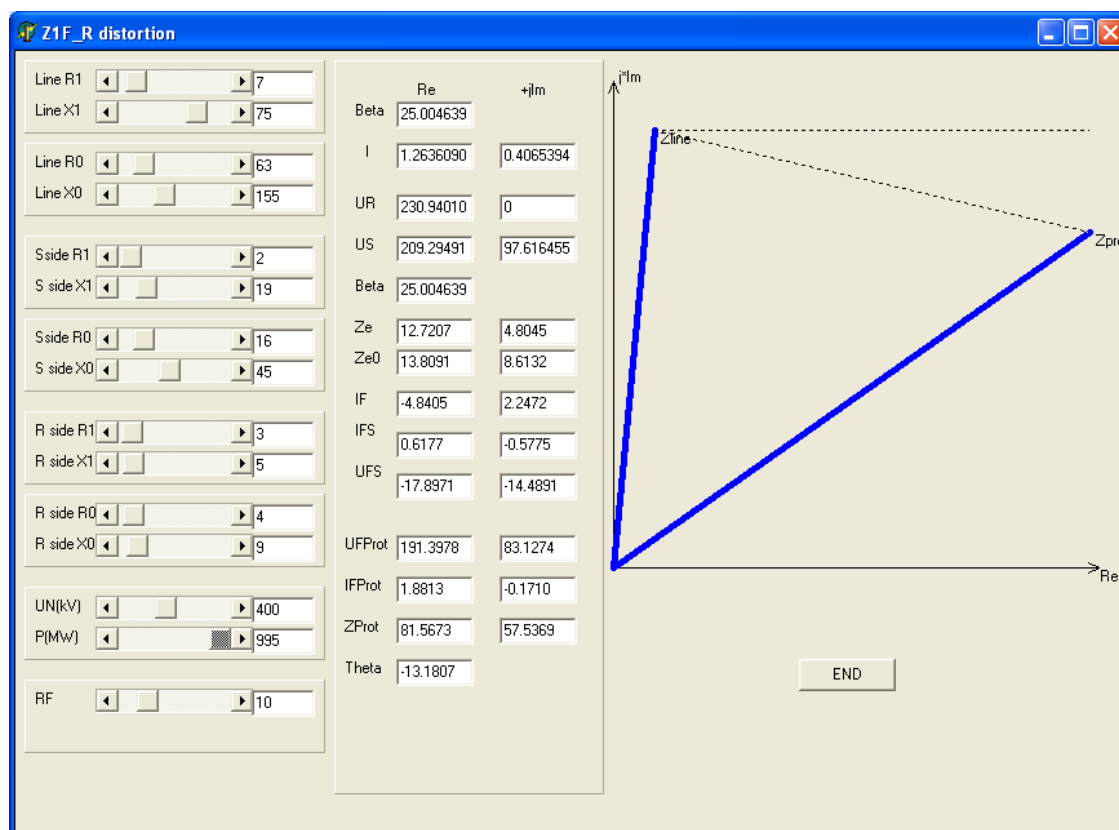
A valóságnak jobban megfelelő, ha a zérus sorrendű impedancia értéke a pozitív sorrendű impedancia négyszerese. Ezt behelyettesítve az eredmény kissé eltér.

Az alábbi példa szerint a vezeték két végponti feszültsége közötti szög $\beta = 25^\circ$, ez 995 MW zárlat előtti teljesítménynek felel meg. Ha a hibahelyi ellenállás 10Ω , akkor az X karakterisztikavonal szükséges döntése $\Theta = -26,79^\circ$ (2-10. ábra).



2-10. ábra. A szimulációs szoftver képernyője egyfázisú földrövidzárlatra, ha $Z_0 = 4 \cdot Z_1$

A számítás érzékenyebb a szimuláció más paramétereinek változtatására. Például a távoli, R oldali rövidzárlati teljesítmény változása jelentősen megváltoztatja az eredményt (2-11. ábra). Ezek a paraméterek a hálózati redukció eredményei, amelyek a hálózat számos elemének és a hálózati elrendezés sok változatának hatását foglalják magukban.



2-10. ábra. A szimulációs szoftver képernyője egyfázisú földrövidzárlatra, ha az R oldali zárlati teljesítmény nagyobb

Összegezés: a fenti módszerrel számítani lehet a karakterisztika szükséges döntését adott hálózati feltételek között. Az EuroProt+ készülékben az algoritmus dinamikus döntésének megoldása a zárlat előtt a védett vezetéken folyó nagy értékű teljesítmény esetén is kisebb túlmérést vagy alulmérést eredményez.