

*Tisztelt olvasó!*

*Ez munkaközi anyag, nem lektorált. Amennyiben hibát, elírást talál benne, vagy szerkesztési javaslata van, akkor kérem jelezze a részemre! (elkborzo@uni-miskolc.hu)*

*Egyenlőre minimális magyarázattal, vázlatos formában adom közre, segítségként a felkészüléshez.*

*A további részek folyamatosan készülnek, a meglévők módosulnak....*

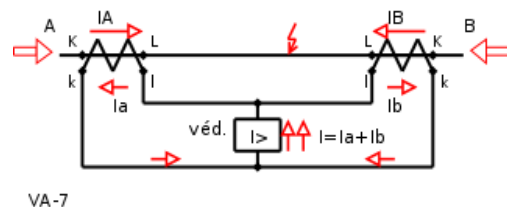
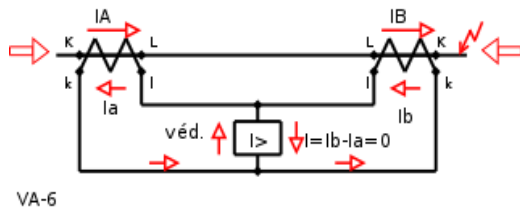
*Borsody Zoltán adjunktus*

## Különbözeti védelmek

**Lényege:** a védett elem két (vagy több) végpontján uralkodó villamos mennyiségek összehasonlítása alapján dönti el, hogy külső vagy belső zárlat lépett fel.

Például áramérzékelés esetén:  $\sum I=0$  (Kirchoff I. törvénye)

A különözeti elv megvalósítását a védett berendezésen folyó áramokra (külső-belső zárlatra) az alábbi ábrák mutatják:



*Három alapvető tulajdonsággal rendelkeznek:*

- minden belső zárlatra pillanatműködésű, mert abszolút szelektív (a határai egzaktak)
- külső zárlatra érzéketlen, emiatt nem ad rá tartalékvédelmet
- a védett elem végpontjai között információs összeköttetést igényel

*Összehasonlításhoz felhasznált mennyiségek:*

- áramok összegzése
- áramirány összehasonlítása
- teljesítmény irány összehasonlítás
- távolsági védelem mérés összehasonlítás

*Két különböző alkalmazásuk van:*

- differenciálvédelem: a végpontok azonos állomásban vannak
- szakaszvédelem: a végpontok különböző állomásban vannak

*A működésüket befolyásoló jelenségek:*

- áramváltók áttételi és szöghibája
- az áramváltók eltérő telítődése (pontossági határtényező) miatt hibaáram jelentkezik
- áramváltók eltérő terhelése
- üzemszerű (sönt-) áramok:
  - kábel kapacitás miatti töltőáram
  - transzformátor gerjesztő árama
  - segédkábel kapacitív árama
- tranziens áramok:
  - transzformátor bekapcsolási áramlökés

- zárlat után visszatérő feszültség miatti áramlökés
- transzformátor kapcsolási csoportja Y/Δ miatti  $I_0$  kiegyenlítetlenség 1FN esetén
- transzformátor kapcsolási csoportja miatti szögforgatás
- transzformátor áttétel kiegyenlítése pl. feszültség szabályozás miatt

### Bekapcsolási áramlökés elleni megoldások:

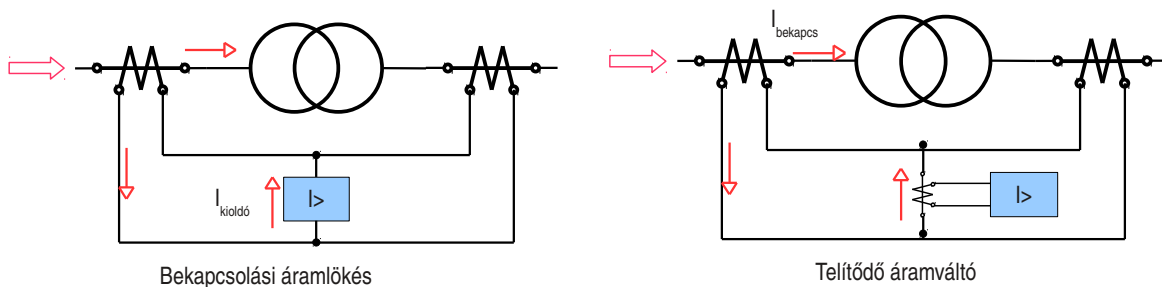
- a hibás kioldás ellen  $I_{be} \approx 3 \dots 3,5 \cdot I_n^{tr}$  árambeállítású túláramvédelem
- telítődő áramváltó korlátozza a relébe folyó áramot
- felharmonikus szűrőről reteszelés
- bekapcsoláskor kioldás késleltetés (!)

### Telítődő áramváltó alkalmazása a különböző áramrelénél

A bekapcsolási áramlökés csak a transzformátor primer oldalán okoz áramot, ami a transzformátor névleges áramának többszöröse lehet. A különböző relé ennek hatására tévesen kioldhat.

Ha a különböző áramot érzékelő áramrelé megszólalási értékét ettől nagyobbra állítjuk be, akkor ezzel "elhangoltuk" a bekapcsolási áramlökéstől. Ennek a megoldásnak viszont az a hátránya, hogy érzéketlenebb lesz a belső hibákra is.

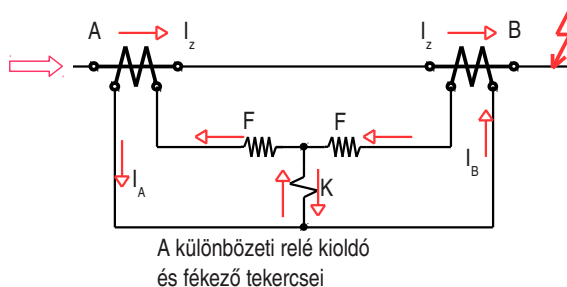
Az elektromechanikus túláramreléknél alkalmazott telítődő áramváltóval korlátozható a relére jutó bekapcsolási áramlökés nagysága, ezzel a relé kisebb áramra lesz beállítható.



### Áramváltó telítődés hatása, lineáris fékezés

A zárlati áram – ami átfolyik az áramváltókon, a névleges áramnak 10...50-szerese is lehet. Ha az áramváltó nem a zárlati viszonyoknak és a terhelésének megfelelően van kiválasztva, akkor nagy áramoknál telítődés léphet fel. (lásd: áramváltók tranziens viselkedése)

A telítődésbe ment áramváltó szekunder oldalán az áram nem arányos a primer árammal (kisebb értékű). Ha a két oldalon üzemelő áramváltók nem azonos áramnál kezdenek telítődni, vagy csak az egyiknél jelentkezik a telítődés, akkor a szekunder oldali áramok nem fognak megegyezni.



Ennek következménye, hogy külső zárlatkor az áramváltóktól a különböző relé **kioldó tekercsén** átfolyó áramok eredője nem lesz

nulla, emiatt tévesen kioldást ad a védelem. Ez úgy kerülhető el, ha a relét annál érzéketlenebbé tesszük, minél nagyobb a zárlati áram.

A hibaáram nagysága az átmenő, külső zárlati árammal lesz arányos, tehát ha az átmenő zárlati árammal arányosan célszerű érzéketleníteni a relét. Ezt az A oldali és a B oldali áramváltó szekunder körében elhelyezett egy-egy **fékező tekercsel** oldják meg.

A két tekercs indukciós relében helyezkedik el, így a két tekercsen folyó, egyező, vagy ellentétes irányú áramok fékező, vagy kioldó irányú nyomatókat eredményeznek.

Külső zárlat esetén az elektromechanikus védelmekben a fékező tekercsek (F) a kioldó tekercsel (K) ellentétes irányú – általában lineáris – fékező nyomatókat hoznak létre. Így nagyobb fékezés esetén csak nagyobb kioldó áram tudja megszólaltatni a relét.

Ha belső zárlat lép fel, akkor a külső zárlathoz képest az egyik fékező tekercs árama ellentétes irányú lesz. Ennek hatására a nyomatókuk is ellentétes, azaz kioldást segítő irányú lesz.

#### ***A fékező tekercsek alkalmazásának jelentősége:***

- külső, átmenő zárlatok esetén érzéketleníti a relét
- belső zárlatok esetén segíti a kioldást, azaz érzékenyebb lesz a relé

#### ***Nemlineáris fékező karakterisztikák származtatása***

Az elektronikus relékben nemlineáris elemekkel (pl. zéner diódákkal) nemlineárisan fékezett karakterisztikát hoznak létre.

A digitális védelmekben szoftverrel tetszőleges nemlineáris karakterisztika hozható létre, azonban ezeknél is az elektronikus védelmekre jellemző nemlineáris karakterisztikákat használják.

Az alábbiakban megvizsgáljuk, hogy milyennek kell lennie a nemlineáris fékezésű differenciálvédelem kioldó karakterisztikájának.

*Relé különböző tekercsén folyó áramok, ha az egyik áramváltó telítődik.*

Az ábra azt az esetet is mutatja, amikor az áttételek nem egyeznek meg, ilyenkor az átfolyó árammal arányos különbség jön létre.

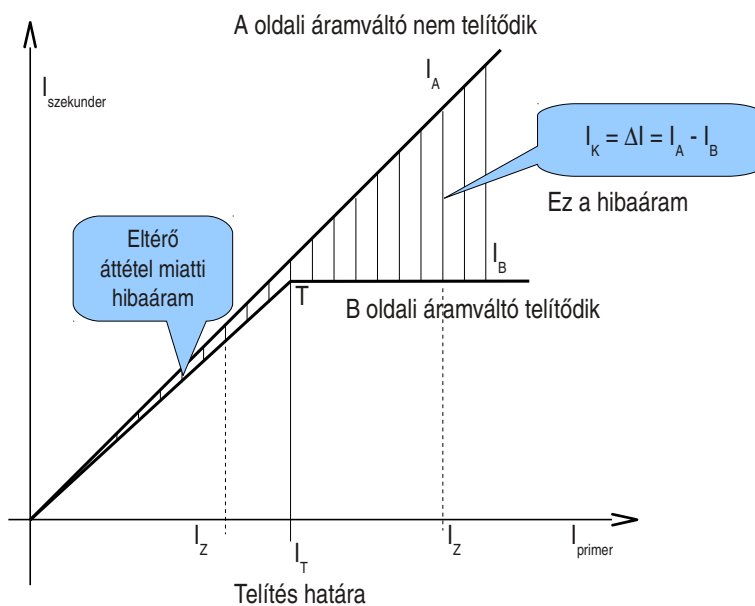
Mindkét áramváltón az  $I_{\text{primer}}$  folyik át. (vízszintes tengely)

A primer áram függvényében ábrázoltuk a szekunder áramokat.

Az  $I_A$  jelű egyenes a lineáris átvitelű áramváltó szekunder áramát mutatja.

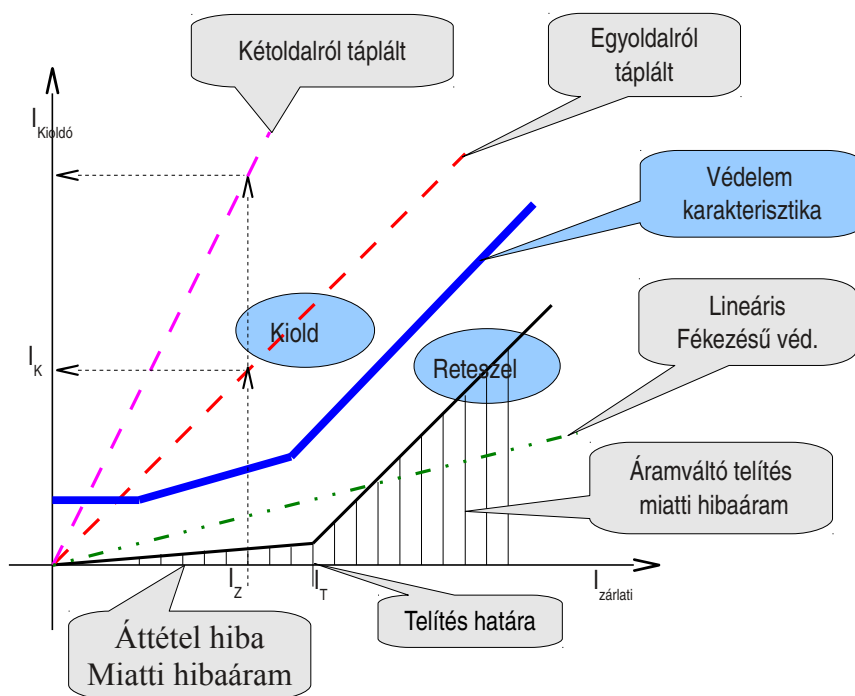
Az  $I_B$  tört vonalú görbéje a telítődő áramváltó szekunder áramának változását mutatja a primer áram függvényében.

A két görbe különbsége (vonalkázott terület) a két áram különbségét jelzi. Ez az áram folyik át a különböző relén, azaz a függőleges vonalak a kioldó irányú árammal arányosak.



A védelem karakterisztikáját ehhez a hibaáramhoz kell illeszteni. Emiatt ábrázoljuk a hibaáramot (a függőleges metszégeket) a primer áram függvényében.

**Differenciálvédelem kioldó karakterisztikája**



A védelem karakterisztikáját a vastag, kék görbe mutatja

*Vizsgáljuk meg, hogy mi okozza a vékony, tört vonallal rajzolt hibaáramot!*

- $0 \dots I_T$  tartományban a hibaáram kismértékben, lineárisan nő. Ennek oka, hogy a két áramváltónak nem pontosan azonos az áttétele, így nagyobb áramoknál kissé nagyobb lesz a különbség.
- A  $I_T$  telítési áramtól nagyobb primer áramok esetén a hibaáram a primer árammal arányosan, meredeken nő. (vonalkázott terület).

*A belső zárlatok miatti hibaáramok görbéi.*

*Egyoldalról táplált belső zárlat esetén (például) a B oldali áramváltón nem folyik áram, emiatt a relén folyó hibaáram az A oldali primer árammal lesz arányos. Ezt a telítési szakasszal párhuzamosan futó piros szaggatott vonal jelzi.*

*Az előbbtitől meredekebben fut a két oldalról táplált belső zárlat áramát jelző piros, szaggatott vonal. (Ennek függőleges metszékei éppen kétszer akkora, mint az egyoldalról táplált zárlatéi, ha az A és B oldal felől folyó zárlati áramok nagysága megegyezik).*

*A védelem karakterisztikája*

A védelem karakterisztikája azt mutatja, hogy adott zárlati áram esetén mekkora kioldó áram szükséges a védelem működéséhez, a kioldáshoz.

A védelem karakterisztikáját úgy kell kialakítani, hogy a hibaáramokra ne szólaljon meg, tehát a hibaáram görbéje felett kell futnia. A kék görbe alatti kioldó áramok esetén a védelem reteszel, a görbe feletti áramok esetén a védelem kioldást ad.

Látható, hogy az egyoldalról táplált, illetve kétoldalról táplált belső zárlatok esetén a ténylegesen létrejövő kioldó áramok nagyobbak a védelem karakterisztikája által megkívánt áramoktól, tehát ezekre biztosan megszólal a védelem.

A védelem karakterisztikájának a kezdeti, vízszintes szakasza azt biztosítja, hogy csak egy minimális érték, pl. 20%...50%  $I_n$  felett szólaljon meg a védelem. Ezzel a túlzott érzékenység elkerülhető.

A transzformátor differenciálvédelmekben a bekapcsolási áramlökés miatti téves kioldás megelőzésére 100Hz-es szűrővel kialakított reteszelő áramkört alkalmaznak. A bekapcsolási áramban ugyanis jelentős nagyságú, több tíz másodpercig tartó 100Hz-es komponens jelenik meg.

Mivel az a reteszelés a bekapcsolás idejére bénítja a különbözeti védelmet, ezért nagy áramú túláramrelékkel egészítik ki a differenciálvédelmet. Az  $I \gg$  beállítása olyan, hogy védelem nem „lát” át a transzformátor szekunder oldalára. (szelektivitás)

***Transzformátorok differenciálvédelmének kiegyenlítése***

*Áramváltók áttétele*

A transzformátorok differenciálvédelmét úgy kell kialakítani, hogy a transzformátoron átfolyó üzemi áram, illetve külső zárlati áram esetén a differenciálvédelembe befolyó, illetve abból kifolyó áramok megegyezzenek egymással, azaz kioldó áram ne jöjjön létre. Ez az áramváltók áttételének helyes kiválasztásával érhető el.

A nagy transzformátorok áttétele üzemszerűen – motoros hajtással – változtatható, pl.  $\pm 15\%$

mértékben. Ennek eredménye, hogy ideális kiegyenlítés esetén, a szabályozó állásától függően, akár 15% hibaáram is létrejöhet.

A védelem akkor kiegyenlített, ha

$$0,8 \leq k \leq 1,25 \quad k = \frac{I_N}{I_K}$$

$k$  : kiegyenlítési tényező

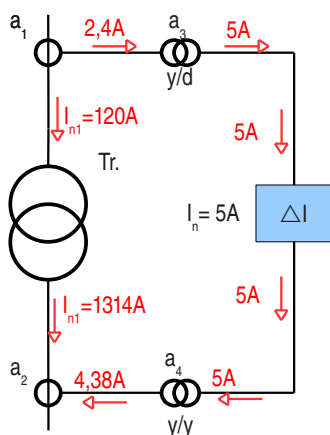
$I_N$  : nagyobb feszültségű oldal felől folyó áram nagysága

$I_K$  : kisebb feszültségű oldal felől folyó áram nagysága

A transzformátorok fázisforgatása

A transzformátorok – az óraszámuktól függően - az áramok fázishelyzetét megváltoztatják, emiatt nem elegendő az áramok nagyságát azonos értékűre hozni „közbenső áramváltókkal”, hanem a fázisforgatást is kompenzálni kell. Ezt a közbenső áramváltók megfelelő óraszámú bekötésével érhetjük el.

### Differenciálvédelem tervezése – példa



Adatok:

$$S_n = 25 \text{ MVA}$$

$$U_n = 120/11 \text{ kV} \quad Yd11$$

$$\text{primer oldali áramváltó: } a_1 = 250/5 \text{ A} = 50$$

$$\text{primer oldali áramváltó: } a_2 = 1500/5 \text{ A} = 300$$

A „fő” áramváltókon folyó áramok:

$$I_{n1} = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_{n1}} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 120} = 120 \text{ A} / 2,4 \text{ A}$$

$$I_{n2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_{n2}} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 11} = 1314 \text{ A} / 4,38 \text{ A}$$

A számítás azon alapul, hogy ha a transzformátoron névleges terhelő áram folyik, akkor a védelemben is névleges áram folyjon. Ekkor – a külső zárlattal megegyezően – nem folyhat kioldó áram a védelemben. Ezt az áramváltók áttételének, és kapcsolási csoportjának (óraszámának) helyes megválasztásával érjük el.

Közbenső áramváltók kiválasztása

A differenciálvédelmekhez tartozó közbenső áramváltók egyfázisú kivitelűek, és sok megcsapolással rendelkeznek a primer és a szekunder tekercsük is.

Közbenső áramváltó primer árama

A közbenső áramváltó primer oldali tekercse igen sok megcsapolással rendelkezik, hogy kellően kis áramlépcsőkkel lehessen illeszteni a transzformátor áramváltójától jövő áramokhoz. (pl. 0,2A...5A)

A fentiek szerinti  $I_{n1} = 2,4 \text{ A}$  áramot a közbenső áramváltó 2,4A-es primer kapcsához kell

csatlakoztatni. Az  $I_{n2} = 4,38A$  esetén a közbenső áramváltó 4,38A-es primer kapcsához kell csatlakozni. (Vagy az ehhez legközelebb eső értéket adó kivezetéshez.)

#### Közbenső áramváltó szekunder árama

A kivezetésekhez tartozó menetszámok célszerűen úgy vannak megállapítva, hogy a védelem felőli oldalon 1A, vagy 5A névleges áramú védelemhez csatlakozhasson. Mivel a szükséges óraszámnak megfelelően, esetenként  $\Delta$ -ba kell kapcsolni a védelem felőli tekerceket, ezért

$$I_n=1A\text{-es védelemhez: } 1A, \quad 1/\sqrt{3}=0,58 \text{ A és az}$$

$$I_n=5A\text{-es védelemhez: } 5A, \quad 5/\sqrt{3}=2,89 \text{ A}$$

kivezetéseket is találunk a közbenső áramváltókon.

A példában a transzformátor Yd11 kapcsolású. Emiatt a közbenső áramváltókkal ugyanezt az óraszámú forgatást kell elvégezni. Ezért (is) Y/d kapcsolású a primer oldali közbenső áramváltó.

A példa szerint a transzformátor primer oldalára 2,4/2,89A áttételű közbenső áramváltót kell tenni, mivel a szekunder tekercsének delta kapcsolása miatt a védelembe folyó áram így lesz éppen  $1,73 \cdot 2,89 = 5A$ .

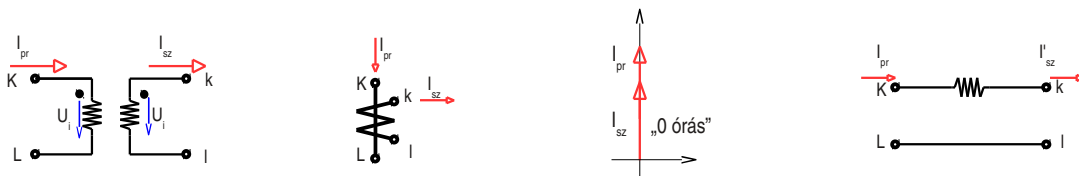
#### 1FN zárlati áram hatása:

A 120kV-os oldali 1FN zárlatok esetén a transzformátor érintett fázisán és a csillagpontján keresztül a föld felé is folyik áram. Ez a csillagponti áram nincs összegezve a fázisáramokkal, ezért a differenciálvédelem ilyen esetekben tévesen megszólal! Ha a közbenső áramváltó védelem felé eső oldalát  $\Delta$ -ba kötjük, akkor a védelem felé már nem tud  $I_0$  áram folyni a primer oldali 1FN (távvezetési zárlat) esetén.

A transzformátor szekunder oldalán 4,38/5A áttételű közbenső áramváltót kell alkalmazni. Ez Y/y kapcsolású.

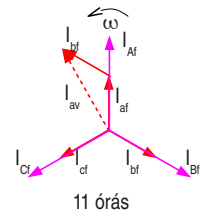
#### Differenciálvédelem tervezése: áramutas rajz

A védelemben folyó áramok fázishelyzetének is megfelelőnek kell lenniük, mert a védelmekben az áramok vektoriális eredője jön létre, fázisszög hiba is hibás kioldást eredményezhet. Emiatt fontos az áramváltók kivezetéseinek (kezdet-vég) helyes bekötése, valamint a „delta döntés” megfelelő kialakítása. Ez az alábbi rajzokon, és a vektorábrákon követhető végig.

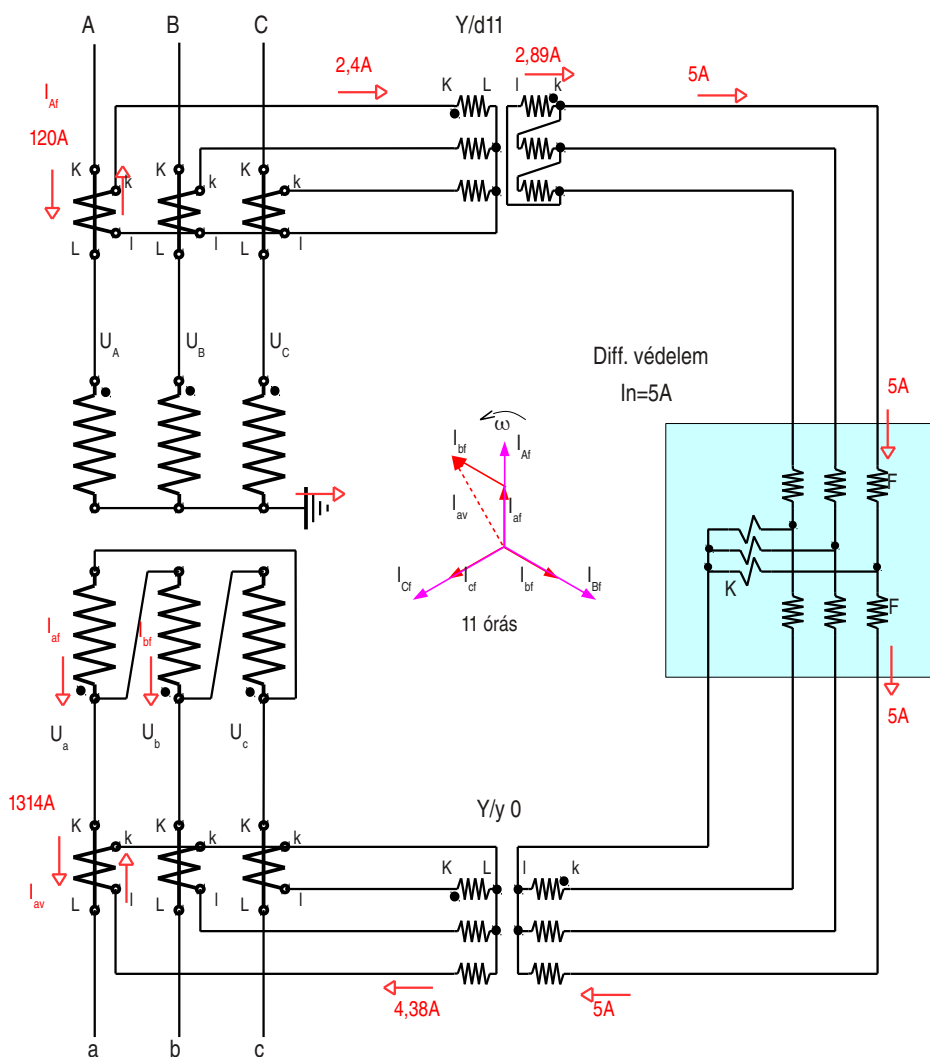


Az áramváltók kapcsait hagyományosan K-L (P1-P2) illetve k-l (S1-S2) betűkkel jelölik, ahol az azonos betűk a tekercs azonos kivezetését (pl. kezdetét-) jelentik. A nagybetűk a primer oldali kapcsokat jelzik. (Ettől eltérő, szabványos kapocs jelöléseket is alkalmaznak a készülékeken, illetve terveken.) Ezekhez a jelölésekhez - a gerjesztési törvény alapján - célszerű a rajz szerinti áramirányokat alkalmazni.

A példa szerinti háromfázisú transzformátor 11 órás, emiatt a közbenső áramváltóknál is 11 órás forgatást kell megvalósítani. A delta kapcsolás ellentétes irányú döntése 1 óras kapcsolást eredményezne. Ha 11 órás elkötés esetén a k-l kapcsolokat felcseréljük, 5 órás lesz a kapcsolás. A közbenső áramváltók helyes elkötését az óraszám és a vektorábra alapján lehet felrajzolni.



A mellékelt vektorábra a transzformátor szekunder oldali „a” fázis kapcsán folyó (vonali) áram kialakulását mutatja. Ez az  $I_{af}$  és  $I_{bf}$  vektoriális összegzésével jön létre.



Háromfázisú szimmetrikus, néveleges terhelő áram esetén az „A” fázisban folyó áramok

A rajz szerinti 120/10kV-os transzformátor szekunder oldali (vonali-) árama két csatlakozó fázistekercs áramának vektoriális eredőjeként 11 órás.



A közbenső áramváltók teljes körű méretezése - a telítődés valamint a tranziens átvitel a figyelembevételével - bonyolultabb feladat.

A korszerű digitális védelmekhez nincs szükség külső közbenső áramváltókra. A védelmen belül paraméterezéssel lehet illeszteni a védelmet a transzformátor névleges áramaihoz, az áramváltó áttételekhez, és a transzformátor óraszámához.

#### *Tercier (háromtekercselésű-) transzformátorok*

A háromtekercselésű transzformátorok kisebb feszültségű tekercsei általában kisebb teljesítményűek (pl: 120/20/10kV, 25/16/16MVA), emiatt a névleges áramaik nem az áttételnek megfelelő nagyságúak(!).

A közbenső áramváltók áramainak kiszámításához a legnagyobb teljesítményű, primer tekercselés teljesítményéből indulunk ki. Az így kapott primer névleges áramot kell a transzformátor áttételével átszámítani a transzformátor szekunder oldalaira, függetlenül attól, hogy ez esetleg nagyobb érték, mint ahogy az adott szekunder tekercs névleges teljesítményéből következne. A közbenső áramváltók névleges áramát – és a kiegyenlítést - az így kapott áramokra kell kiszámítani.

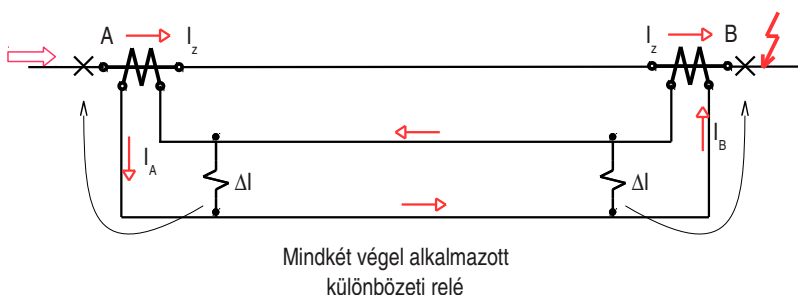
### Szakaszvédelmek

Szakaszvédelmekben a távvezeték két végpontjának áramát hasonlítjuk össze. Ha a két áram nem egyezik, akkor belső hiba van, ki kell kapcsolni mindkét oldalon a megszakítókat. Az elvéből adódóan abszolút szelektív. Az összehasonlításhoz a jelet valamilyen módon át kell vinni a másik oldalra.

*Az előbbiekből következő nehézségek:*

- Mindkét oldalra kell érzékelő relé, hogy helyben ki tudja kapcsolni a megszakítót.
- A védelemhez a túloldalról át kell vinni az áramváltók áramát az összehasonlításához
- Nagy távolság esetén jelentős áramváltó teljesítmény szükséges az összekötő kábel veszteségei miatt.
- Az összekötő kábel drága, és a sérülése hibás működést okozhat.
- Eltorzulnak az összehasonlítandó áramalakok (jelek).
- Az áramváltó telítődés, egyenáramú tranziens, hibát okozhat
- A zaj miatt az átviteli csatornát (jelet) szűrni kell, ez fázishibát okozhat
- A szakaszvédelmek speciális esete, amikor távolsági védelmek között logikai jelet viszünk át, és ettől tesszük függővé a védelem önidős (vagy minimális késleltetésű-) kioldását saját vezetéki zárlatra

*A szakaszvédelem elve:*



Mindkét oldalon kell különböző relét alkalmazni. Ekkor a reléken átfolyó áram megfeleződik.

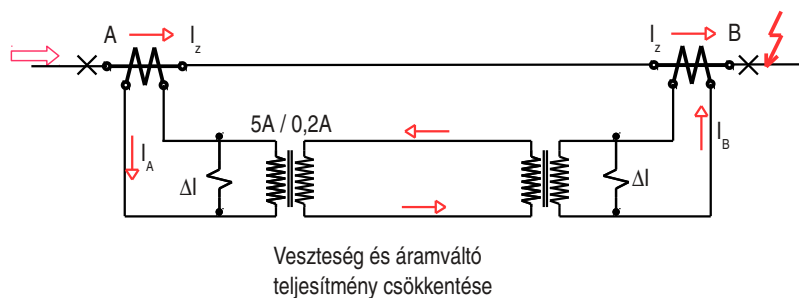
Külső zárlatkor egyik sem működik, belső zárlatkor mindegyik kikapcsolja a saját megszakítóját.

Szakadt összekötő kábel esetén üzemi áram hatására,

tévesen megszólalhat.

A  $\Delta I$  relék párhuzamos kapcsolása nem ad korrekt megoldást, mivel az áramok azonos értéke nem garantálható a reléken.

Az összekötő kábel áramát (illesztő-) áramváltóval lecsökkenthetjük. A relén és az összekötő kábelereken az



Belső zárlat, vagy kábelér szakadás esetén nagy feszültség jön létre az összekötő kábelben. (Nyitott áramváltóként viselkedik.)

Megjegyzés: a rajz szerinti kapcsolásokat nem használják, csak az ezekből levezethető

fékezett szakaszvédelmeket.

### **Fékezett szakaszvédelem**

A bekapcsolási áramlökések, az áramváltó telítődések hibás megszólalást eredményeznek. Ennek kiküszöbölésére fékezett karakterisztikájú védelmeket alkalmazunk.

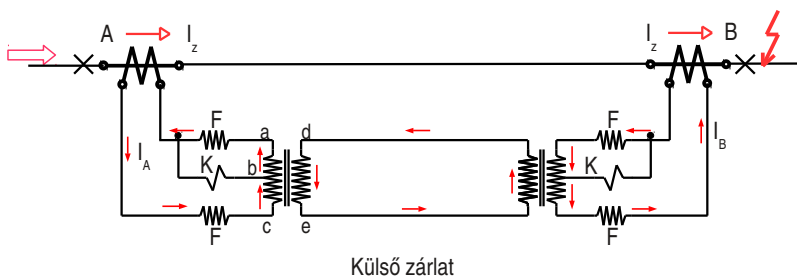
Az (F) fékező tekercsen az áramváltótól jövő zárlati áram átfolyik, és az árammal arányos fékező nyomatékot hoz létre. Ha belső zárlat van, akkor valamelyik fékező tekercsen – a másikkhoz képest - megfordul az áramirány, akkor kioldó (!) irányú nyomaték keletkezik a fékező tekercsekben, és segíti a különbözeti relé kioldását. (Az elektromechanikus relékben ezt az irányérzékenységet indukciós relével érik el.)

Így tehát belső zárlat esetén érzékenyebb, külső zárlat esetén érzéketlenebb lesz a védelem, hasonlóképpen, mint a differenciálvédelmeknél.

További lehetőség speciális összegző áramváltók alkalmazása. Ennek egyik feladata, hogy az összekötő kábel áramát lecsökkentse (például az 5A-t 0,1-0,2A-re), a másik feladata, hogy a fékező tekercsek részére az áramokat irányítottan adja ki, a kioldó tekercsre pedig az összeget, vagy a különbséget adja ki.

A védelem felé néző tekercs eleje (a) és vége (c) a védelem fékező tekercsére csatlakozik. A tekercs (b) közép kivezetése a különbözeti (K, kioldó-) tekercsre csatlakozik. Az áramváltó másik tekercse az összekötő kábelhez csatlakozik.

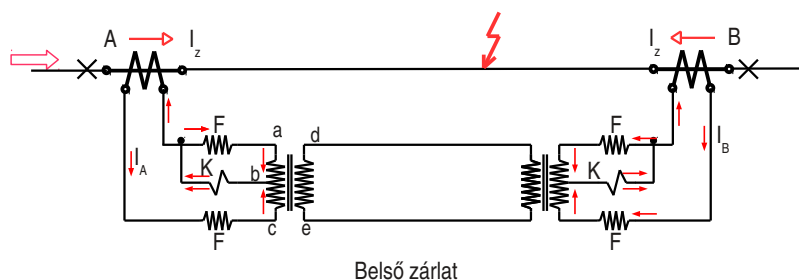
#### *Külső zárlat:*



Az összekötő kábelben **áram folyik**.

Ez az áram a d-e tekercset gerjeszti. Ezzel tart egyensúlyt az a-b és b-c tekercsek gerjesztésének összege. Látható, hogy emiatt a „b” kivezetés felé, a K tekercsen nem folyhat áram. A relé nem ad kioldást.

#### *Belső zárlat:*



Az összekötő kábelben **nem folyik áram**.

Az áramváltó a c-b tekercsbe bekényszeríti a zárlati áramot. Ezzel a gerjesztéssel az a-b tekercsen folyó, ellentétes irányú áram tart egyensúlyt.

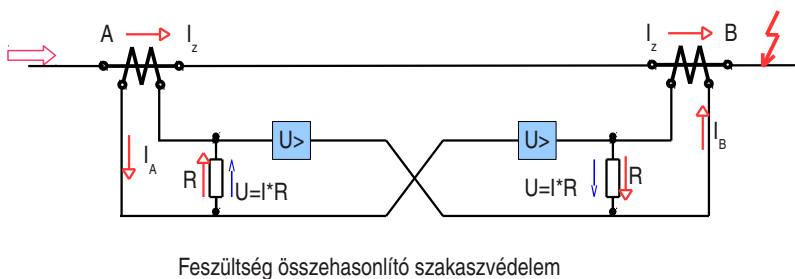
A „b” kivezetésen a két tekercsfél áramának összege folyik ki, a kioldó tekercsbe. Ráadásul a felső fékezőtekercsen

megfordult az áramirány, így nem fékezni fog, hanem segíti a kioldást.

Ha az összekötő kábelér szakadt, akkor külső zárlat, vagy átfolyó, üzemi áram hatására tévesen kioldást adhat a védelem, mivel ilyenkor érzékeny túláramvédelemként működik!

Korábban jelzőkábeles összeköttetésnél a kevesebb kábelér felhasználás érdekében egy érpárral, keverő áramváltós megoldást (is) alkalmaztak. Ennek lényege, hogy a három fázis áramait eltérő áttételű áramváltókkal csökkentették (pl. 1, 1/2, 1/3 arányban). Ezeket vektoriálisan összeadva meghatározott nagyságú és fázishelyzetű eredő áramot kapunk (szimmetrikus 3F zárlat esetén is!), tehát minden zárlatfajta esetén van áramjel, így minden fajta zárlat esetén működőképes a védelem. A védelem a saját keverő áramváltótól és a túloldalról kapott kevert áramot hasonlította össze.

### Feszültség összehasonlító szakaszvédelem



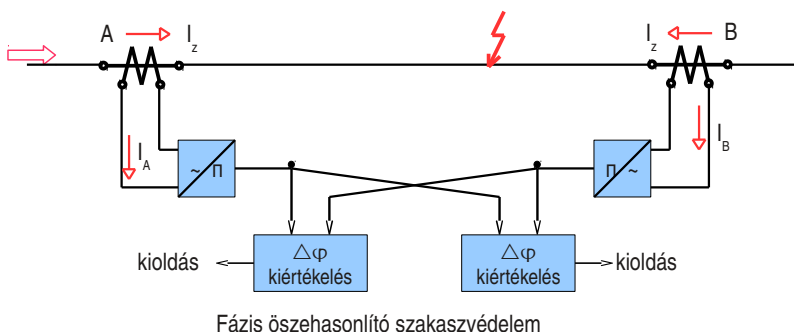
Külső zárlat esetén a feszültségek különbsége jut a feszültségrelékre, belső zárlat esetén a feszültségek összege.

Belső zárlatnál a feszültségrelék meghúznak.

A rajz szerinti külső hiba esetén, ha az R ellenállások és feszültségrelék által alkotott körre felírjuk a hurokegyenletet, akkor kiderül, hogy a az U feszültségek szembe vannak kapcsolva, így az eredőjük nulla.  
Zavarokra érzékeny.

### Fázis összehasonlító szakaszvédelem

A védett szakasz felé folyó áramirányokat tekintjük pozitívnak.



Az áramokat feszültséggé alakítjuk, négyszögesítjük. Az áramok pozitív félperiódusai logikai 1-et (H szintet) adnak. Ilyen módon logikai áramkörökkel (kapukkal) feldolgozhatók.

A védelem a túloldalról érkező négyszögjellel hasonlítja össze a saját oldali négyszögjelet. (VAGY kapu)

Ha a VAGY kapu kimenete Q=L, akkor adhat kioldást, ha Q=H, akkor nem. A külső, vagy belső zárlat a Q=0 állapot hosszának mérésével dönthető el.

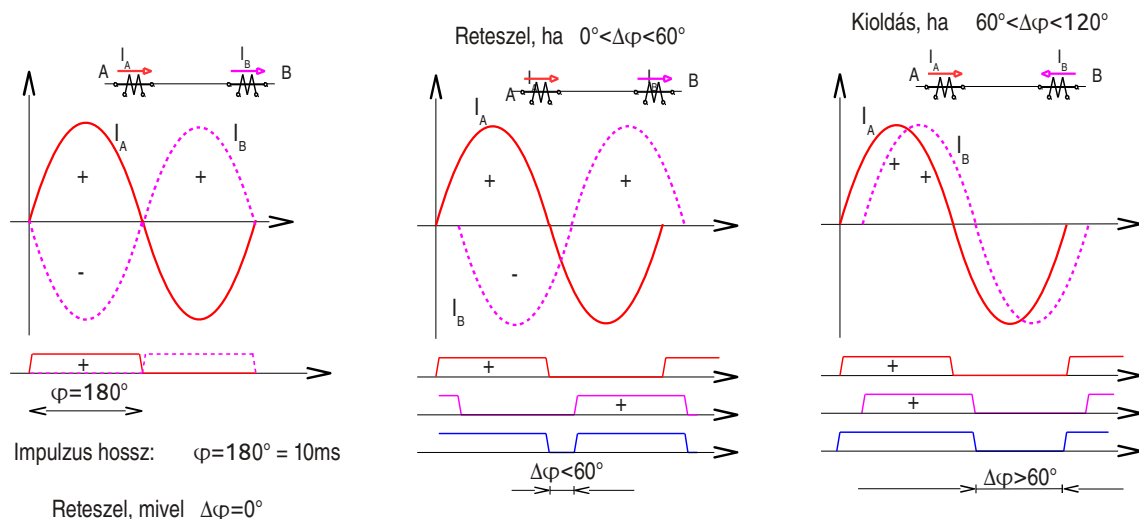
B oldali külső zárlat esetén az első félperiódusban az  $I_A$  pozitív, a második félperiódusban az  $I_B$  pozitív. Emiatt a VAGY kapu kimenete folyamatosan H. Ezt az esetet mutatja az első ábra.

A második ábra is külső zárlatot mutat, de a túloldalról jövő jel késik, így eltolódott a fázishelyzete. Ekkor a négyzög jelek között szünet jelentkezik. Ha a szünet hossza kisebb  $60^\circ$ -tól, akkor külső zárlat van, nem kell kioldani.

A harmadik ábra belső zárlatot mutat. Belső zárlat esetén a pozitív félhullámok (impulzusok) közelítőleg egybeesnek. Emiatt a negatív félperiódusok ( $Q=L$ ) is egybeesnek. Ha a szünet hossza nagyobb  $60^\circ$ -tól, és ugyanakkor kisebb  $120^\circ$ -tól, akkor a belső zárlat miatt ki kell oldani. Ezek a határok  $60^\circ$  toleranciát eredményeznek.

Az első és második ábra külső zárlatot mutat, de a másodiknál a túloldalról jövő jel késik, ennek ellenére ekkor sem ad kioldást, mivel a  $Q=0$  állapot rövidebb, mint 60 fok. A harmadik ábra belső zárlat jeleit mutatja (fázis késéssel beérkező túloldali jellel). Ez esetben kioldást ad, mivel a  $Q=0$  állapot nagyobb 60 foktól.

Mint látható, meglehetősen nagy a fázishibával szembeni toleranciája a védelemnek.



A korszerű szakaszvédelmek nem az áramot küldik át jelzőkábelen a túloldalra, hanem hírközlési csatornát (pl. vivőfrekvenciás rendszert, telefon vonalat), vagy valamilyen adatátviteli utat használnak. A nagyfeszültségű hálózatokon TVF (Távvezetési Vivőfrekvenciás-) rendszert használnak, vagy nagyobb biztonságot jelentő optikai kábelt, melyet az erősáramú, nagyfeszültségű távvezetéken helyeznek el.

### Gyűjtősín védelmek

A villamosenergia rendszer legkényesebb eleme a gyűjtősín, mivel ennek zárata az összes, rá csatlakozó távvezeték és más berendezések kikapcsolását követeli meg. Emiatt – és gazdasági megfontolások miatt – különböző primer elrendezések alakultak ki.

#### Gyűjtősín nélküli alállomások

A gyűjtősín záratok elkerülésének legegyszerűbb módja, ha nem alkalmazunk gyűjtősínt a hálózati csomópontokban (például: poligon, sugaras végponti transzformátoros, PI diszpozíciók). Ezeknek viszont az üzemeltetése, és a berendezések, távvezetékek védelmi rendszere bonyolultabb.

#### Gyűjtősínes alállomások

Legáttekinthetőbb, és védelmi szempontból a legegyszerűbben kezelhető az egysínes elrendezés.

Sok leágazás esetén a rugalmasság és az üzembiztonság miatt kettős gyűjtősínes, esetleg segédsínes diszpozíciót alkalmaznak. Karbantartási, üzembiztonsági okok miatt hosszanti bontást, valamint sínáthidalót is alkalmaznak. Mindezek miatt a gyűjtősínek védelme nagyon bonyolulttá válhat, mivel az egyes gyűjtősínek, gyűjtősín szakaszok záratakor szelektív kioldást követelünk meg. Emiatt minden gyűjtősín szakaszra külön mérőelem, védelem kell.

#### Természetes gyűjtősínvédelem:

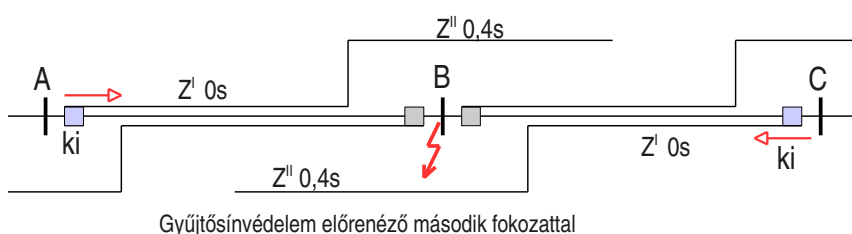
Ha a távvezeték védelmek második fokozatának érzékelése túlnyúlik a távvezeték végén, akkor a túloldali gyűjtősín záratait is beméri, és arra kioldást ad.

Előnye:

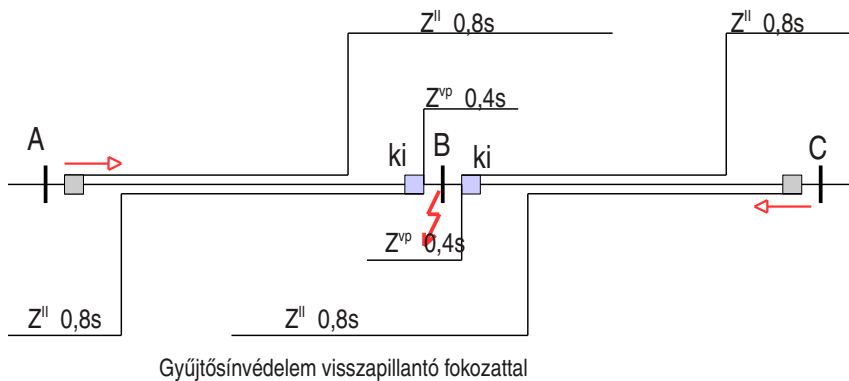
- nem kell külön gyűjtősín védelmet alkalmazni

Hátránya:

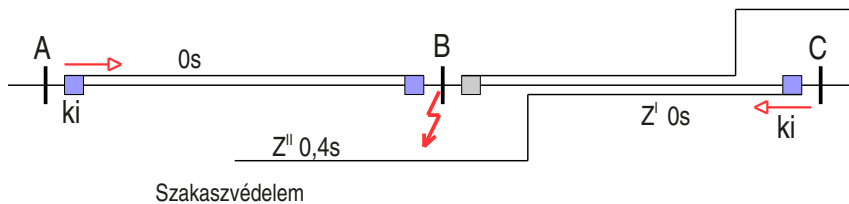
- csak késleltetett kioldást biztosít a gyűjtősín zárlatára
- a vezetékek távoli végén kapcsolódnak ki a megszakítók (nem a gyűjtősín leágazásainak megszakítóját kapcsolja ki)
- a távvezetéken alkalmazott szakaszvédelem az elvélből adódóan abszolút szelektív, emiatt a gyűjtősín zárlatára nem működik



A távoli végén kapcsolódnak ki a megszakítók, az előrenéző második fokozat késleltetésével.



A gyűjtősín zárlat hárítási ideje csökkenthető, ha a visszapillantó fokozat és a második fokozat késleltetéseit felcseréljük. Ennek hátránya, hogy a távvezeték végi zárlat hosszabb ideig áll fenn.



A szakaszvédelem nem látja a gyűjtősínt, emiatt gyűjtősínvédelmi, illetve tartalékvédelmi feladatra egy másik védelmet is kell telepíteni.

### Önálló gyűjtősínvédelem

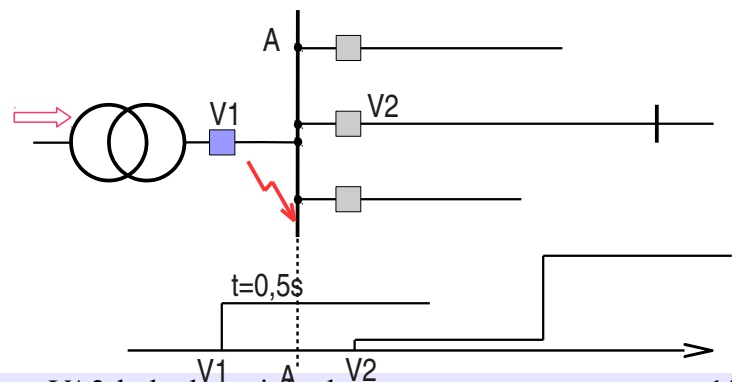
A gyűjtősín felé folyó áramokat (mindhárom fázisban) érzékelik, és olyan logikát alakítanak ki, hogy csak a zárlatra rátápláló megszakítókat (betáplálás, sínáthidaló, sínbontó) kapcsolják ki a sínszakaszra szelektív kioldás érdekében.

Akkor kell alkalmazni, ha a természetes gyűjtősínvédelem nem felel meg:

- nagy zárlati teljesítmény,
- fémtokozott kapcsolóberendezés "átégés" kockázata miatt pillanat működés kell,
- nagy gyűjtősín zárlati gyakoriság (köd, szennyezés), esetén,
- tranzien stabilitás miatt (erőművekben, erőművek közelében) pillanat működés szükséges

### Egyedi gyűjtősínvédelem

Sugaras, középfeszültségű hálózaton, tipikusan transzformátorral táplált gyűjtősín védelmét túláramvédelem látja el. (V1) A leágazási (kétlépcsős-) túláramvédelemhez szelektív beállítást csak késleltetéssel lehet biztosítani. Rövid leágazások



miatti ütközés esetén, a szelektivitás érdekében impedanciavédelem alkalmazása lehet a megoldás. A leágazásokban alkalmazott árlatkorlátozó fojtótekercek esetén a késleltetés nélküli kioldás is megvalósítható.

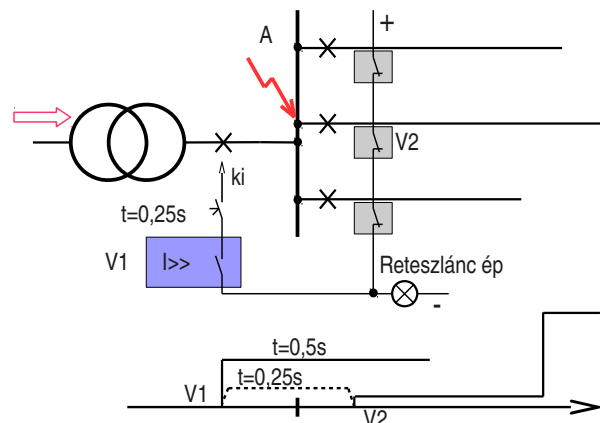
### Egyenáramú (logikai-) különbözeti védelem

Az egyedi gyűjtősín zárlat védelem ( $t=0,5s$ ) háritási ideje csökkenthető.

Ennek elve: ha egyik leágazási védelem sem ébredt, de megszólalt a gyűjtősín betáplálás túláramreléje, akkor gyűjtősín zárlat lépett fel.

Ez esetben az ( $I \gg t$ ) gyűjtősínvédelem működése gyorsítható.

Ennek megoldása: a leágazások túláramreléinek sorbakapcsolt nyitó érintkezőin keresztül a működtető egyenfeszültség a gyűjtősínvédelem (betáplálás)  $I \gg$  relé pillanat érintkezőjén keresztül  $0,2-0,3s$  késleltetésű időrelét indít, aminek a lefutásakor kikapcsolja a betáplálás megszakítóját.



### Nyomásvédelem

Fémtokozott kapcsolóberendezésben fellépő ív hőhatása nyomás növekedést okoz. A nyomásrelé kontaktusa kapcsolja ki a megszakítót (megszakítót).

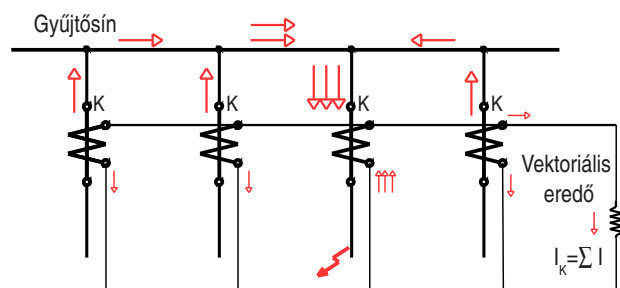
### Gyűjtősín differenciál védelem

A differenciálvédelmeknél megismert elven működik.

Az áramok összegzését minden fázisra külön-külön kell elvégezni, az áramváltókat azonosan, előjel helyesen kell bekötni. Ha az áramváltók nem azonos áttételűek, akkor közbenső áramváltót kell alkalmazni. Ekkor

Belső zárlat esetén az áramok összegződnek az eredőjük  $\neq 0$ . Ekkor a védelem kioldást ad.

Külső zárlat esetén a gyűjtősínre befolyó és a kifolyó áramok vektoriális eredője  $=0$ . Ebben az esetben a védelem nem adhat kioldást.



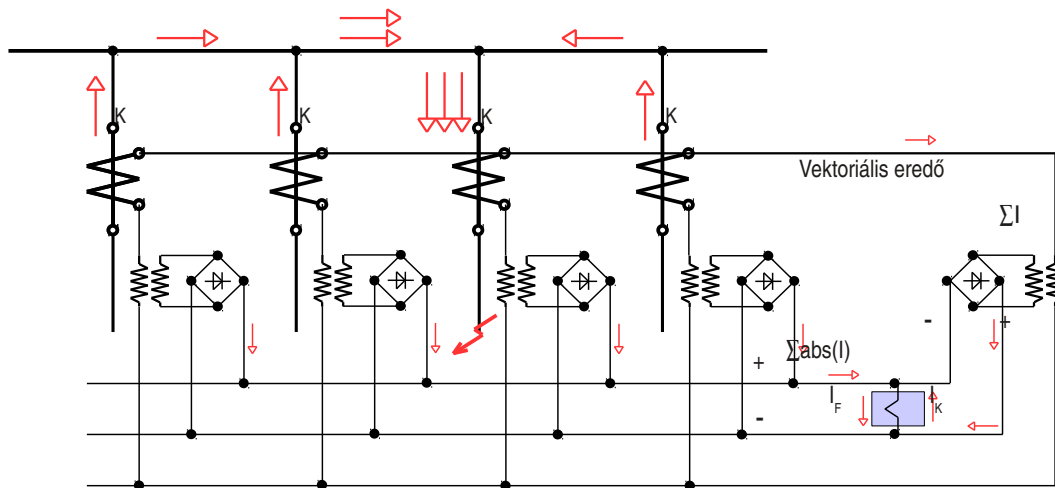
Külső zárlat esetén a zárlatos távvezeték

áramváltóján folyik át az összes, a gyűjtősínen keresztül rátápláló vezeték árama. Emiatt a zárlatos távvezeték áramváltója sokkal hamarabb kezd telítődni, mint a többi vezetéké. Ez az áramok összegzésekor hibaáramot eredményez, ami miatt téves kioldás következhet be.



Ennek elkerülésére fékezett (stabilizált) differenciálvédelmet kell használni.

**Fékezett gyűjtősín differenciálvédelem** elvi működését Deprez relés felépítésen keresztül

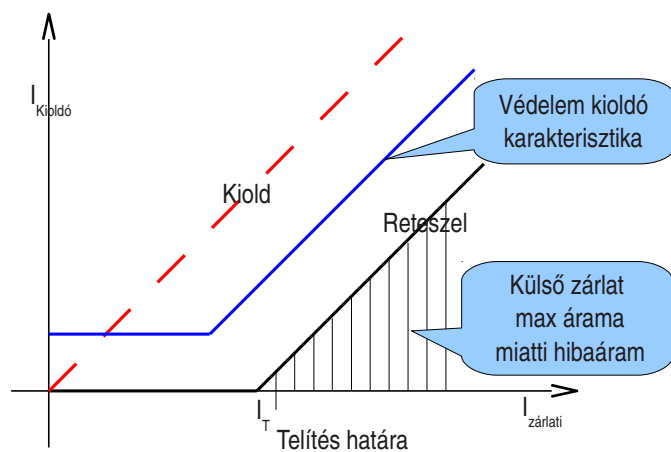


Az áramváltók áramát vektoriálisan összegezzük. Ezt a vektoriális eredőt egyenirányítjuk, ez az egyenáram kioldó irányban folyik át az érzékeny Deprez relén. Külső zárlat esetén (telítődés mentes esetben) ez a vektoriális eredő nulla.

A leágazások áramát egyenként egyenirányítjuk, így az áramnak csak a nagysága számít, az iránya nem. Az így kapott egyenáramokat +/- sínen összegezzük. Ez az összegzett, fékező áram annál nagyobb, minél nagyobbak a vezetékek zárlati áramai.

A fékező áram a kioldó irányval ellentétesen folyik át a Deprez relén, és a zárlati árammal arányosan érzéketleníti a védelmet.

A nemlineáris fékezést a fékező, illetve kioldó áramok útjába helyezett nemlineáris félvezető elemekkel lehet megvalósítani.



A védelem gyűjtősín zárlat esetén késleltetés nélkül kikapcsolja a zárlatos gyűjtősínre csatlakozó megszakítókat.

A gyűjtősín differenciálvédelemben az összes leágazás mindhárom fázisainak áramait be kell vinni. Az összes szakaszoló állásjelzését be kell venni a védelemben, hogy azok üzemállapotát is figyelembe lehessen venni az áramok összegzésekor és a kioldások irányításakor. Sok leágazás esetén ez igen sok kábelér fogadását jelenti.

Kettős gyűjtősín, segédsín, hosszanti sínbontás, sínáthidaló esetén minden, megszakítókkal határolt sínszakasz külön mérőelemhez tartozik. A szakaszoló állásától függ például, hogy egy leágazás áramát melyik sínszakasz mérőeleméhez kell összegezni.

Ennek az a célja, hogy egy sínszakasz záratakor csak az érintett, megszakítókkal határolt, legkisebb sínrész kapcsolódjon ki.

A korszerű digitális gyűjtősínvédelmek a leágazási (távvezeték, transzformátor, generátor) védelmektől optikai kábelen, digitálisan kapja meg az áramok értékét és a kapcsolókészülékek állásjelzéseit, így jóval kevesebb kábelezéssel (kevesebb hibalehetőséggel) kell számolni.

### **Gyűjtősín tartalékvédelme**

Erre a célra a nagyfeszültségű hálózatokon AZT0 Autonom Zérussorrendű Tartalékvédelmet alkalmaznak.