

16. VILLAMOS HÁLÓZATOK VÉDELMEI ÉS AUTOMATIKÁI

16.1 Védelmek működési elve és a kiválasztás szempontjai

A villamos berendezések üzemét különböző zavarok és rendellenességek veszélyeztetik. A legnagyobb veszélyt a zárlatok jelentik. A zárlat helyén a fellépő és az ép berendezésekben is átfolyó áram termikus és dinamikus hatása súlyos rombolást okozhat.

Zárlat akkor keletkezik, ha a hálózat feszültség alatt álló fázisai egymással vagy a földdel érintkezésbe kerülnek. Ennek megfelelően a zárlatok lehetnek rövidzárlatok és földzárlatok. Gépeknél, ha azonos fázis különböző feszültségű tekercspontjai érintkeznek: menetzárlatról, ha a feszültség alatt lévő tekercspont a géptesttel érintkezik, testzárlatról beszélünk.

A zárlatokon kívül rendellenes üzemállapotot jelent a túlterhelés, a túl nagy, vagy túl kis feszültség, a frekvencia névleges értéktől való eltérése stb.

A felmerült zavarok és rendellenes üzemállapotok érzékelése, majd megszüntetése a védelmek feladata. Védelmi feladatot jelent továbbá a berendezések nem megfelelő működésének, rendellenes állapotainak jelzése is. Huzamosabb ideig történő fennállásuk ugyanis szintén veszélyes lehet. Az idejében történő jelzés az irányító személyzetnek lehetőséget teremt a beavatkozásra, így esetlegesen bekövetkező hiba megelőzhető.

16.2 A védelmi rendszerekkel szemben támasztott követelmények

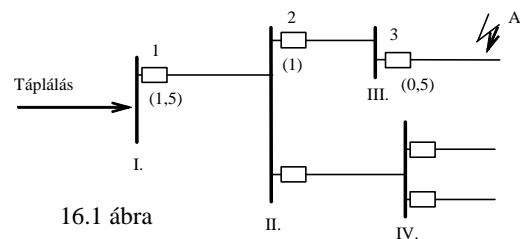
A védelmekkel szemben általában a következő követelményeket támasztjuk:

1. Gyorsaság. A zárlati ív romboló hatása a zárlat időtartamától függ. (Pl. a több másodpercig fennálló ív súlyos károkat okozhat.) Ezért a gyors lekapcsolás fontos követelmény.

2. Szelektivitás (kiválasztás). E fontos követelmény azt írja elő, hogy a védelem csak a zárlatos, sérült részt válassza le. Így válik lehetővé az ép berendezések további zavartalan üzemeltetése.

Sugaras hálózat esetén a szelektivitás azt jelenti, hogy a zárlatot a táplálási irányban hozzá legközelebb eső megszakítónak kell lekapcsolnia. A 16.1 ábrán az „A” helyen bekövetkező zárlatot ezért a 3 megszakító szünteti meg.

E sugaras hálózatban egyébként a táppont és a hibahely között három különböző helyen találunk megszakítót (1,2,3), amelyeket a hozzájuk tartozó védelem működtet. Az A helyen bekövetkező zárlatot az 1, a 2 és a 3 helyen telepített védelem érzékeli. A lekapcsolást azonban – a szelektivitás követelménye alapján – csak a 3 megszakítót működtető védelem hozza létre. A többi védelem (1 és 2 helyen beépített) a lekapcsolás után alaphelyzetbe tér vissza. Így a három csomópont (I, II, III) ellátása továbbra is zavartalan marad. Ha a zárlatot, pl. az 1 megszakító kapcsolná le, akkor a II, III, IV, csomópont is ellátás nélkül maradna. Ekkor nem különálló védelmekről, hanem a hálózat védelmeinek összehangolt rendszeréről, tehát lényegében védelmi rendszerről beszélünk.



A védelmi rendszer szelektivitása a következő módon érhető el:

a) Időkésleltetések különböző beállítása.

Ez azt jelenti, hogy pl. a független késleltetésű túláramvédelmeket - a hálózat végétől a táppontig- különböző időbeállítással látjuk el. Az időbeállítás a táppont felé általában minden védelemnél azonos értékkel (időlépcsővel) nő. Az 1. ábrán a logikus időlépcső független késleltetésű túláramvédelmek esetén a zárójelbe írt számértékek szerinti lehet. A zárlathoz legközelebb eső relé időkésleltetése a legkisebb. Így az „A” helyen bekövetkező zárlatot a legrövidebb időbeállítású túláramrelé fogja lekapcsolni. A többi relé is megindul, de a zárlat lekapcsolása után, azaz 0,5 s múlva visszatérnek alaphelyzetükbe.

b) Az érzékelőelemek különböző beállítása. A táppontból kiindulva a vezetékek impedanciája nő, így a rajtuk létrejövő zárlati áram nagysága a távolság növekedésével csökken. Ez lehetővé teszi, hogy árambeállítással is megállapítható, ill. megkülönböztethető legyen a zárlat helye. Az áramszelektív védelmek ezért megfelelő áramlépcsőzéssel rendelkeznek. Mindig az a védelem kapcsol le, amely az adott zárlatot a beállítási tartományán belül érzékeli.

3. Érzékenység. A védelmekkel kapcsolatban általános követelmény, hogy érzékenységük különböző zavaró tényezők ellenére is biztosítsa a szükséges működést bármely üzemiállapotban. Ilyen zavaró tényező lehet, pl. a hibahely átmeneti ellenállása, lengési jelenség stb.

4. Üzembiztonság, gazdaságosság. Ez a legfontosabb követelmény. Az alapvető feladat a zárlat megszüntetése. Ehhez a védelmeken kívül magas színvonalú szerelési technológia, megbízható segéd-energiaforrás és biztonságos működésű megszakító szükséges.

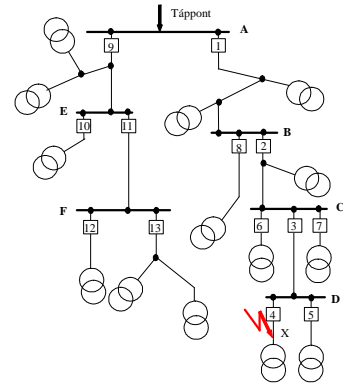
A szelektivitásnál már említettük, hogy a fellépő zárlatot a hozzá legközelebb eső megszakító kapcsolja le. Ezt a megszakítót működtető védelmet, általában pedig azt a védelmet, amelynek egy adott zárlatra elsősorban működnie kell, alapvédelemnek nevezzük. Amennyiben az alapvédelem valamilyen okból nem működik egy ugyanarra a megszakítóra ható, s az alapvédelmet pótló tartalékvédelem (közelebbi tartalék) működik.

Az alapvédelem hibája miatt, ha nincs tartalékvédelem vagy a megszakító hibája miatt – még a tartalékvédelem esetén is – a következő berendezés védelme szünteti meg a zárlatot. Ezt fedővédelmi (távoli tartalék) működésnek nevezzük. A 16.1 ábrán a 3 helyen elmaradó működés esetén a 2 hely védelme kapcsolja le a zárlatot. A fedővédelmi működés tehát hosszabb lekapcsolási idővel jár, és nagyobb terület kiesését eredményezi.

4. Egyszerűség. Ez a követelmény bizonyos engedményeket kíván. Ezeket szinte egyedileg kell meghatározni. Az egyszerűség a védelemben esetleg megkötöttséget jelenthet a berendezés egyes üzemiállapotaival kapcsolatban. Pl. bizonyos üzemiállapotokat le kell tiltani. Egy egyszerű felépítésű védelem sokkal nagyobb biztonságot nyújthat, mint egy bonyolultabb, sok elemből álló berendezés. Az utóbbinak ugyanis az esetleges belső hibája gyakoribb lehet.

16.3 Sugaras hálózatok rövidzárlatvédelme

A sugaras hálózatok rövidzárlatvédelmét független késleltetésű túláram-idővédelemmel valósítják meg. A táppontból kiinduló sugaras vezetékek további állomásokat táplálnak, ezekről további sugaras vezetékek indulnak ki. (16.2 ábra)



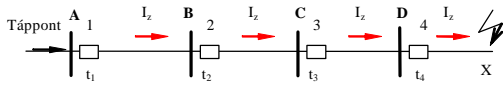
16.2 ábra

Az egyes sínekről kiinduló távvezetékek megszakítóval rendelkeznek, s a vizsgálandó túláram-idővédelmek beépítési helyét is jelentik a számozott négyzetek.

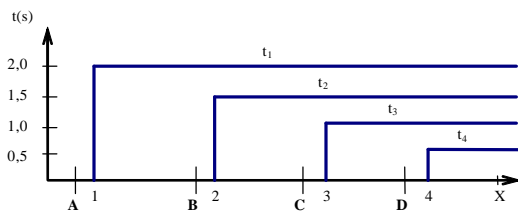
A védelmek beállítását az időszelekció elve alapján végezzük. Ehhez felrajzoljuk a zárlatiáram pályákat, a tápponttól a fogyasztói transzformátorokig. (16.3. ábra)

A szelektív védelem kialakítása érdekében a fogyasztótól a táppontig növekvő értékű időkésleltetéssel kell ellátni az egyes túláramreléket. Ez meghúzás-késleltetéses időrelék közbeiktatásával lehetséges.

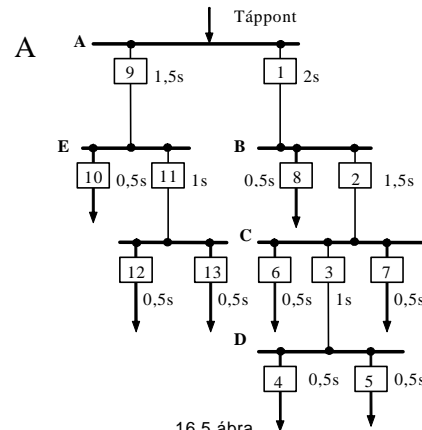
A legkisebb beállítható késleltetés: $t_{\min} = 0,5$ s. Az egyes védelmek késleltetése közötti legkisebb idő, a szokásos szelektív időlépcső, $\Delta t = 0,5$ s. Az így kialakított időlépcsőzések karakterisztika a 16.4. ábrán látható.



16.3. ábra Sugaras hálózat zárlati árampályája



16.4. ábra Sugaras hálózat védelmeinek időlépcsőzése



16.5. ábra

Sugaras hálózat védelmeinek teljes időlépcsőzési terve

növekvő késleltetésű védelmek természetes fedővédelméül is szolgálhatnak a kisebb késleltetésű védelmeknek.

A teljes időlépcsőzést úgy kell kialakítani, hogy valamennyi végponthoz megrajzoljuk a 16.4. ábrához hasonló árampályát, és ezekre mindre elkészítjük a szelektív időlépcsőzési tervet. Ezután összerajzoljuk a teljes hálózatra. Ha az összerajzolásnál azonos védelemre többféle késleltetés adódik, akkor ezek közül mindig a legnagyobb időt kell választani.

A 16.2. ábrán vizsgált hálózat teljes időlépcsőzési terve a 16.5. ábrán látható.

A 16.6. ábra a háromfázisú független késleltetésű túláram-idő védelem kapcsolását mutatja be.

A védelem az alábbi módon működik:

Ha az 1-es és 3-as fázisok között kétfázisú rövidzárlat lép fel, az áramváltókon átfolyó zárlati áram a szekunder körébe kötött áramreléket gerjeszti. Ha a védelem beállítása helyesen történt, akkor az áramrelék (KI 1 és KI 2) megszólalnak, és zárják az érintkezőjüket. A meghúzáskésleltetésű időrelé (KT) tekercsére egyenfeszültség jut, s ennek hatására a rajta

beállított késleltetési idő letele után zárja az érintkezőjét. Ezzel pozitív egyenfeszültség jut a kioldó segédrelére (KS), amely ezután elvégzi a megszakító kikapcsolását és hibajelzést ad a kezelőszemélyzet számára.

Más zárlatok esetén is így működik a védelem, csak mindig a zárlatos fázisoknak megfelelő áramrelé(k) szólal meg.

A KS segédrelé alkalmazása azért szükséges, mert a késleltető időrelé ill. az észlelő áramrelé érintkezői nem képesek a megszakító kioldó tekercsének néha több száz wattnyi működtető teljesítményének átvitelére. Ilyenkor elsősorban teljesítményerősítő szerepe van a segédrelének.

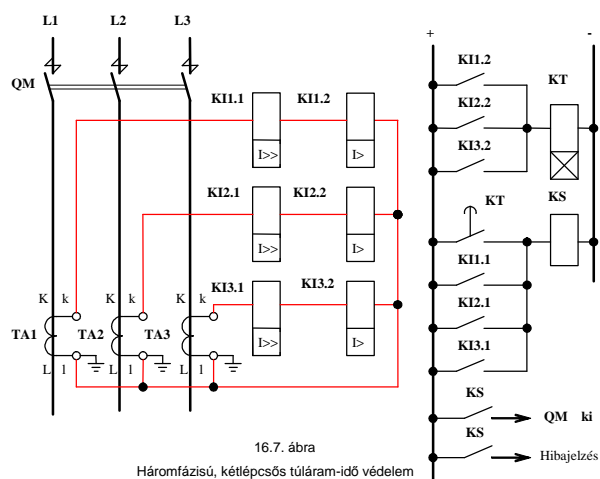
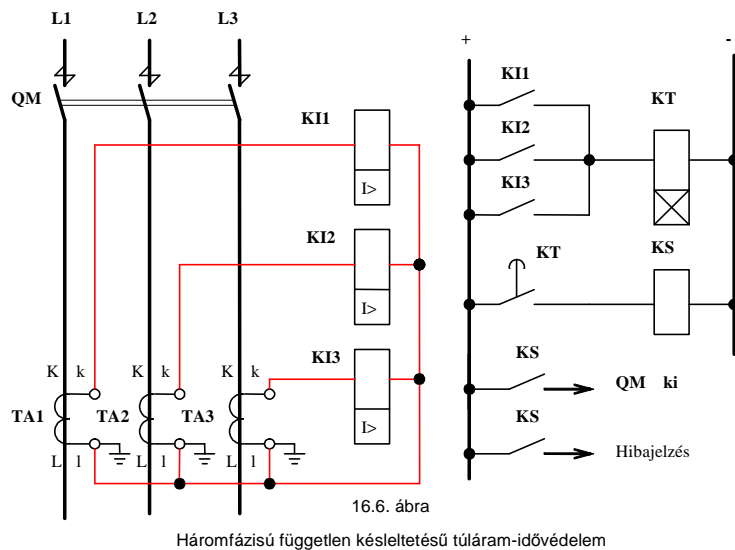
Az előzőekben bemutatott, időszelekció alapján beállított túláramvédelmi rendszer hátránya az, hogy a zárlat lekapcsolási ideje annál nagyobb, minél közelebb lép fel a zárlat a tápponthez. A zárlati teljesítmény és így a zárlat romboló hatása éppen a táppont közeli zárlatoknál a legnagyobb. Ezért tiszta időszelektív védelmet csak alárendeltebb hálózatok esetén alkalmaznak, vagy kis zárlati teljesítményű helyeken.

Nagyobb zárlati teljesítményű hálózatokon áramszelektív túláramvédelmet alkalmaznak, melyeket a táppontból kiinduló vezetékszakaszoknál helyeznek el, ill. alásztott vezetékszakaszoknál is, ha a védett vezeték termikus igénybevétele ezt megkívánja. A gyorsfokozattal kiegészített késleltetett túláramvédelmet kétlépcsős túláramvédelemnek nevezik. (16.7.ábra)

A késleltetett túláram-idővédelem áramreléivel (KI 1.2, KI 2.2, KI 3.2) sorba kötnek egy-egy késleltetés nélküli kioldást adó áramrelét, melyeket gyorsfokozatnak vagy gyorskioldónak neveznek (KI1.1, KI2.1, KI3.1).

A gyorsfokozat túláramreléit úgy kell beállítani, hogy biztonsággal ne kapcsoljanak ki a védett szakasz végén fellépő 3F zárlat maximális zárlati áramára.

A gyorsfokozati működés könnyen megérthető az alábbi példán: legyen a késleltetett fokozat túláramreléjének indulási árama 5 A, a gyorsfokozaté 20 A. Tételezzük fel, hogy mindkét relé megszólalási áramát $2 \times I_1$ értékre választották. A gyorsfokozat tehát $2 \times 20 = 40$ (A) szekunder áram fölötti zárlatra működik, míg az időzített fokozat minden $2 \times 5 = 10$ (A)-t meghaladó szekunder áramra indul. Ha a zárlati áram értéke az áramváltó szekunder oldalán a

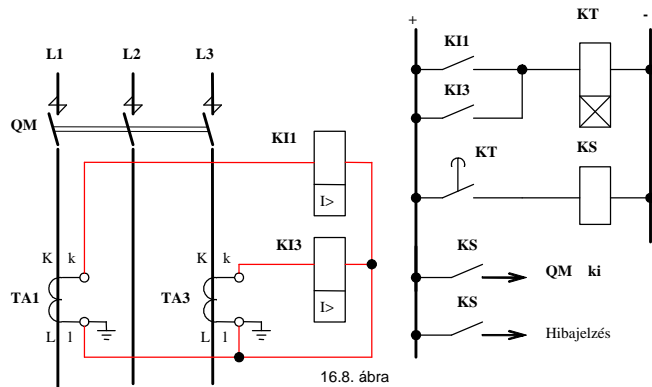


40 A-t meghaladja, mindkét relé megindul, de a lekapcsolást a késleltetés nélküli gyorsfokozat adja. A 40 A-nál kisebb zárlatot már csak az időzített fokozat érzékeli, s így a lekapcsolás a szelektív időlépcsővel történik.

Háromfázisú túláramvédelem alkalmazása a földelt csillagpontú hálózatokon indokolt, mivel azoknál egyfázisú földzárlat esetében csak egy fázisban folyik zárlati áram.

Nem földelt csillagpontú hálózatok esetén kétfázisú független késleltetésű túláram-idővédelmet alkalmaznak (16.8. ábra).

Nem földelt csillagpontú hálózatok földzárata nem jelent rövidzárlatot. A fáziszárlat és kettős földzárlat árama pedig már két fázisban folyik, tehát valamelyikben biztosan van áramváltó és túláramrelé.



16.8. ábra
Kétfázisú, független késleltetésű túláram-idő védelem

16.4 Hurkolt hálózatok védelme

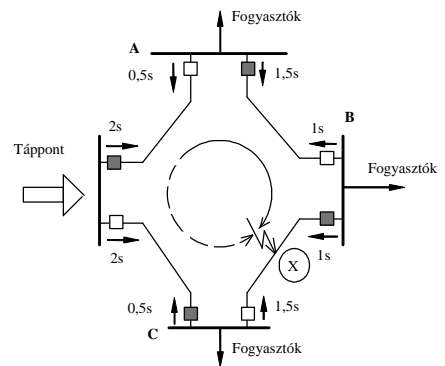
16.4.1 Körvezetékek védelme

A körvezeték bármely vezetékszakaszán fellépő zárlatnál a hibahelyre mindig kétoldalról folyik a zárlati áram. (16.9.ábra)

A védelmeiktől alapvetően megkövetelt szelektivitás azt jelenti, hogy a zárlathoz legközelebb eső két megszakító oldhat ki, pl. az X-szel jelölt helyen fellépő zárlat esetén a **C** jelű állomás jobboldali és a **B** jelű állomás alsó megszakítói.

Ha csak egyszerű független késleltetésű túláram-idő védelmet alkalmaznánk, a 0,5 s késleltetésű védelmek oldának ki. Így a védelmi rendszerünk nem lenne szelektív, nagyobb hálózatrész esne ki.

Ennek elkerülésére a túl-áramvédelmek mellett teljesítmény-irányreléket is alkalmaznak, amelyek a túláramrelék működését reteszelik, ha a teljesítményirány a vezetéktől a gyűjtősín felé irányuló. Az ilyen védelmet irányított túláram-idő védelemnek nevezik.



16.9. ábra
Körvezeték zárlati árampályája

A túláramvédelmek késleltetésének beállítását az alábbiak szerint kell elvégezni.

Első lépésként a tápponti állomás két megszakítója közül az alsó (*üres négyszöggel jelölt*) megszakítót tekintjük nyitottnak. Ilyenkor a hálózat sugarassá válik, melynek sötétített megszakítóihoz telepített túláramvédelmek késleltetését a sugaras hálózatoknál leírtak alapján lehet meghatározni.

(**C** állomását 0,5s-ra, **B** állomását 1,0s-ra, **A** állomását 1,5s-ra és a tápponti állomását 2s-ra .)

Ezután a tápponti állomás *sötétített négyszöggel* jelölt megszakítóját nyitjuk ki, sugarasítjuk a hálózatot és az üres négyszöggel jelölt megszakítókhoz rendelt védelmek késleltetését határozzuk meg.

(A állomásét 0,5s-ra, B állomásét 1,0s-ra, C állomásét 1,5s-ra és a tápponti állomásét 2s-ra .)

A körvezetek védelmeinek tényleges késleltetését a két eset összerajzolása adja. (16.9.ábra)

Az ábrába rajzolt nyilak a védelmek irányítását adja. A védelem csak akkor tud *kioldást* adni, ha a rajta átfolyó teljesítmény iránya *megegyezik* a nyíl irányával. *Ellenkező esetben* a védelem kioldását a teljesítmény-irányrelé *reteszeli*.

X-szel jelölt helyen bekövetkező zárlatkor szelektív kioldást ad a C állomásban lévő 1,5s késleltetésű védelem, valamint a B állomás alsó megszakítója 1s-os késleltetéssel, mert ilyen áramirány esetén ezek a legrövidebb késleltetésű védelmek.

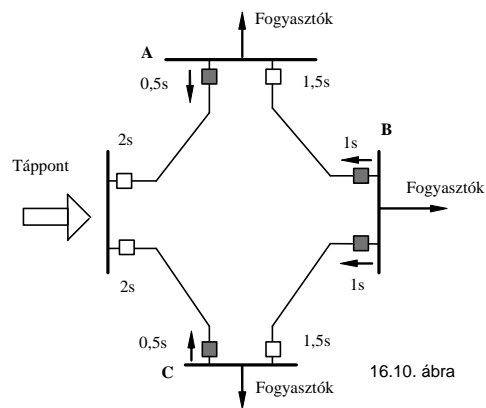
Nem ad hibás kioldást A állomás 0,5s-os, B állomás felső 1s-os és C állomás 0,5s-os késleltetésű védelme, mert az energiáirányrelé reteszeli a védelmi működést, mivel a zárlati áram iránya a beállítottal (a nyíllal jelölttel) ellentétes.

A gyakorlatban – a gazdaságosságot is szem előtt tartva – nem látják el valamennyi védelmet teljesítmény-irány relével. A tápponti leágazásokba eleve nem szükséges, mert a körvezetek bármely pontján fellépő zárlatra az energia mindig a tápponti gyűjtősíntől a vezeték felé mutat.

A többi állomásban, egy állomásból kiinduló két vezeték védelmei közül elegendő a kisebb késleltetésűt ellátni teljesítmény-irányrelével. Ahol az állomásból kiinduló két vezeték védelmének késleltetése azonos, ott feltétlenül mindkét védelembe be kell építeni a teljesítmény-irányrelét.

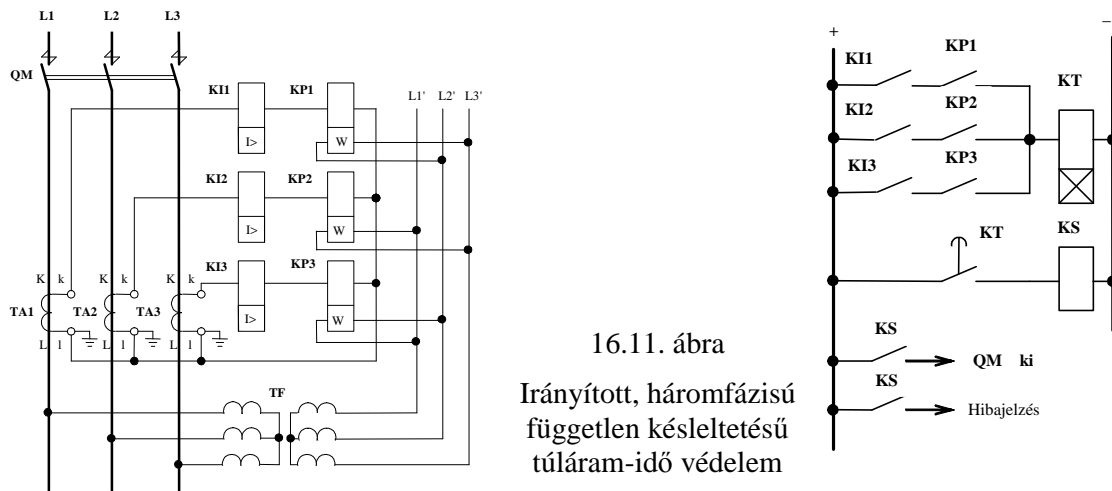
A fentiek szerint kialakított védelmi rendszer a 16.10. ábrán látható.

A teljesítmény-irány érzékelésére leggyakrabban az úgynevezett *45°-os kapacitív irányreléket* alkalmazzák, amelyek akkor adnak maximális kioldó irányú nyomatékot, ha az áram 45°-ot siet a feszültséghez képest. (Az irányrelékben az egyes fázisok árama a másik két fázis közötti feszültséggel képez nyomatékot.)



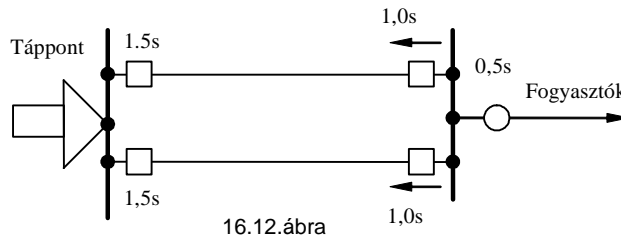
16.10. ábra

Az irányított túláram-idővédelmekben a 16.11.ábrán látható kapcsolással az irány-relék érzékelési holtásvját, legalábbis a nem háromfázisú zárlatoknál biztosan kiküszöböljük.



16.4.2 Párhuzamos vezetékek védelme

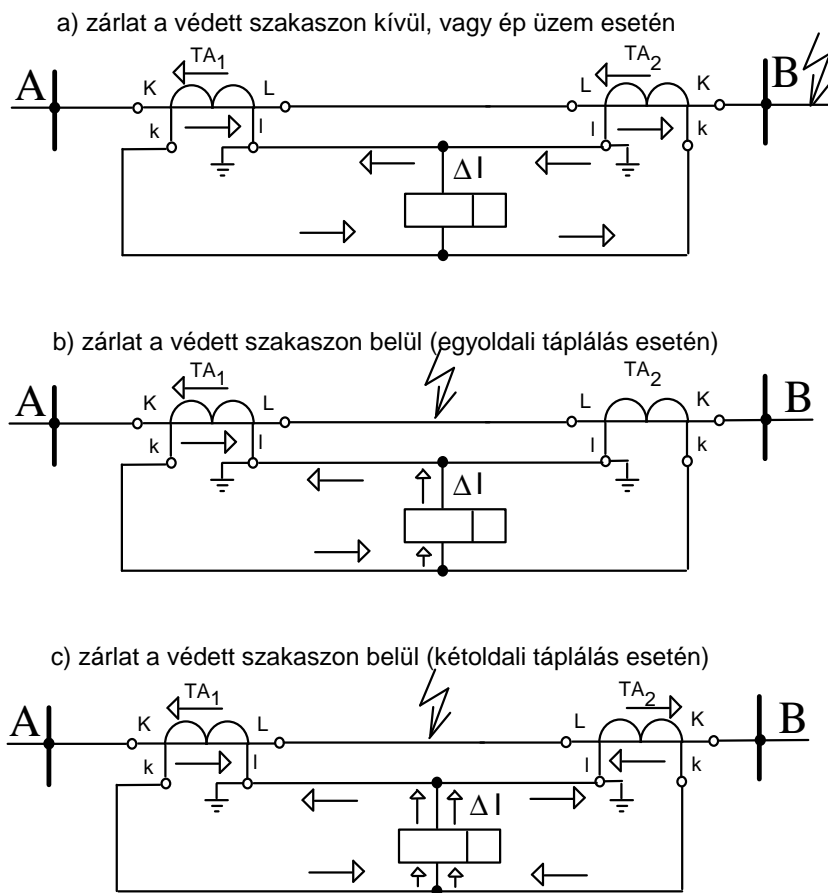
A vezetékek elején független késleltetésű túláram-idő védelmek vannak. A teljesítményirányreléket a párhuzamos vezeték fogyasztó felőli végén kell felszerelni, olyan irányítással, hogy csak akkor adjanak kioldást, ha a vezetéken a teljesítmény az üzemszerű, normális táplálási irányval ellentétesen áramlik.



Egy párhuzamos vezeték védelmeinek időlépcsőzési és irányítási terve a 16.12. ábrán látható. A kétoldalról táplált párhuzamos vezetékek védelmileg hurkolt hálózatnak tekintendők, az alkalmazott védelem ilyenkor távolsági védelem, vagy szakaszvédelem lehet.

16.4.3 különbözeti védelem

A 16.13. ábrán feltüntettük a védett szakasz két végén, a két állomáson beépített áramváltókat, valamint a különbözeti áramot érzékelő különbözeti áramrelét.



16.13. ábra Különbözeti védelem elvi kialakítása és áramviszonyai

Az áramváltók K kapcsa mindkét oldalon az állomási gyűjtősín felé esik.

Az a) ábrán mindkét áramváltón azonos nagyságú és irányú primer és szekunder áram folyik át. A szekunder oldalon ez az áram az összekötő-vezetéken át a berajzolt irányban körbefolyik, s így a különbözeti relé tekercse árammentes marad.

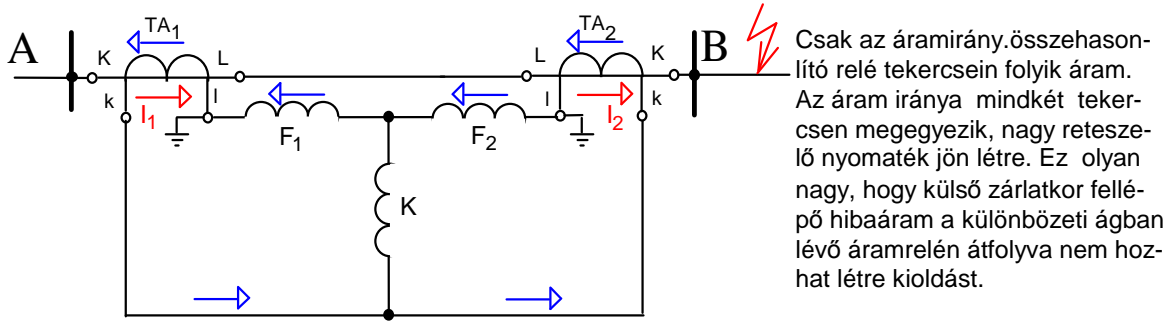
A b) ábra egyoldali, A jelű állomás felőli táplálást tételez fel. A táplálás felőli áramváltó szekunder árama a vezetéken és a különbözeti relén fog átfolyni. A másik oldali áramváltó terheletlen és így nagy impedanciát képvisel. A különbözeti áramrelé megszólal és kioldást ad mindkét oldali megszakítónak.

A c) ábrán a zárlat szintén a védett szakaszon belül következik be, azonban a táplálás mindkét állomás felől történik. A különbözeti relén a két szekunder árama folyik, ami működtetni fogja a különbözeti relét. A 16.13. ábrán a különbözeti relé áramrelé.

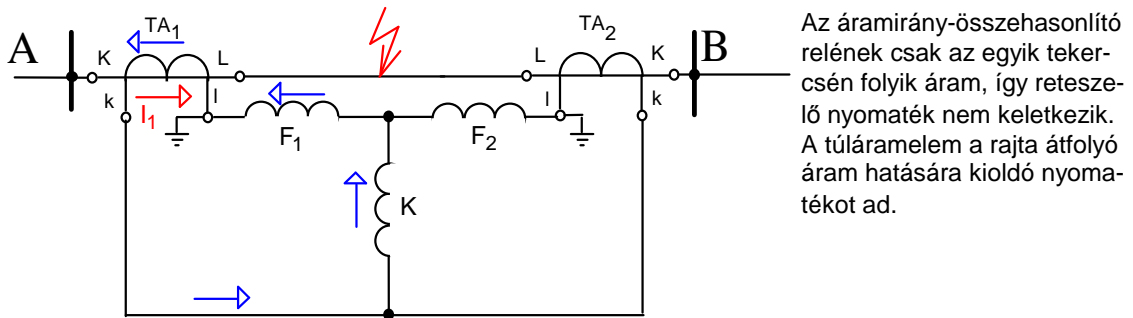
A zárlati áramok tartományában az áramváltók telítődéséből, valamint áttételi és szöghibájából adódó hibaáram külső zárlat esetén is hozhat létre különbözeti áramot, s ebből adódóan téves működést.

A stabilizálást kettős relével lehet megvalósítani. Ennél az áramirány-összehasonlító különbözőzeti relénél (16.14.ábra) a kioldási nyomaték nem egy, hanem két – közös tengelyre ható – relétől függ. E két relé: egy túláramrelé (K) és egy áramirány-összehasonlító relé. A kettős relé kioldó nyomatékot ad, ha az áramirány-összehasonlító relé két tekercsén (F_1 , F_2) az áram iránya ellentétes, és retesz, ha egyező.

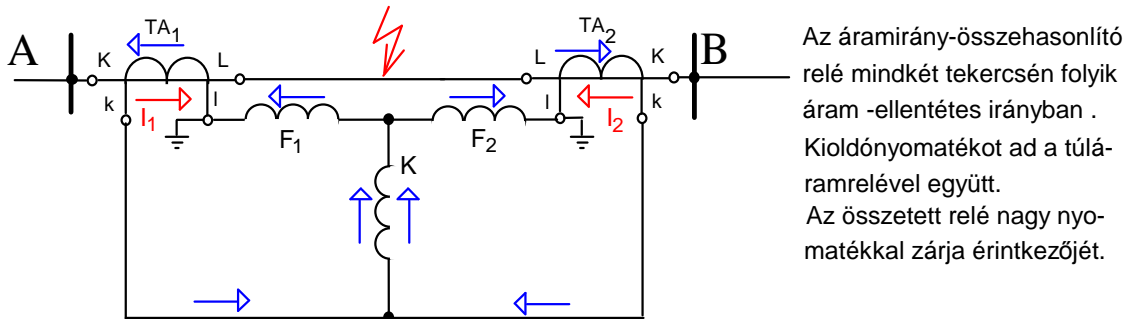
a) zárlat a védett szakaszon kívül vagy ép üzem esetén



b) zárlat a védett szakaszon belül (egyoldalú táplálás esetén)



c) zárlat a védett szakaszon belül (kétoldalú táplálás esetén)



16.14. ábra Áramirány-összehasonlító különbözőzeti relé elvi kapcsolása és áramviszonyai

16.4.4 Szakaszvédelem

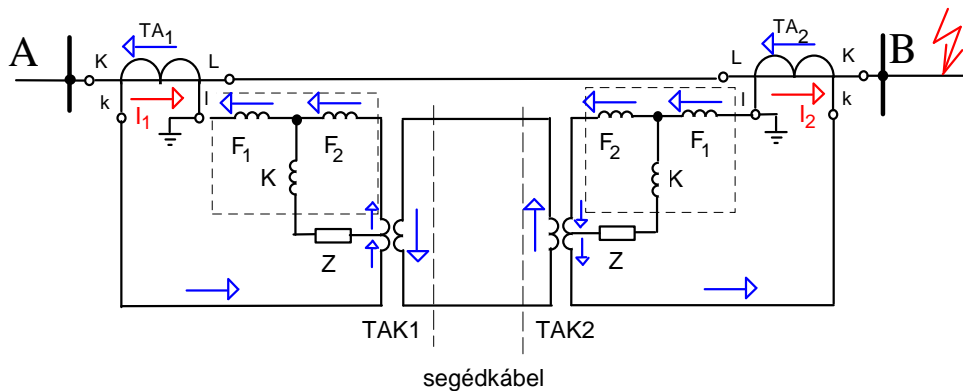
Szakaszvédelemnek nevezzük azokat a szelektív, *késleltetés nélküli* védelmeket, amelyek a védendő távvezeték, kábel két végén mérhető mennyiségek összehasonlításával állapítják meg a hibát. Az összehasonlítás elvégzéséhez külön összeköttetést igényelnek. Az összeköttetés kis távolságok esetén vezetékkel (galvanikus szakaszvédelem) történik, nagy távolságok

esetén nagyfrekvenciás átvitel révén valósul meg, ahol magára a védendő vezetékre "ültetik" a nagyfrekvenciás jelet.

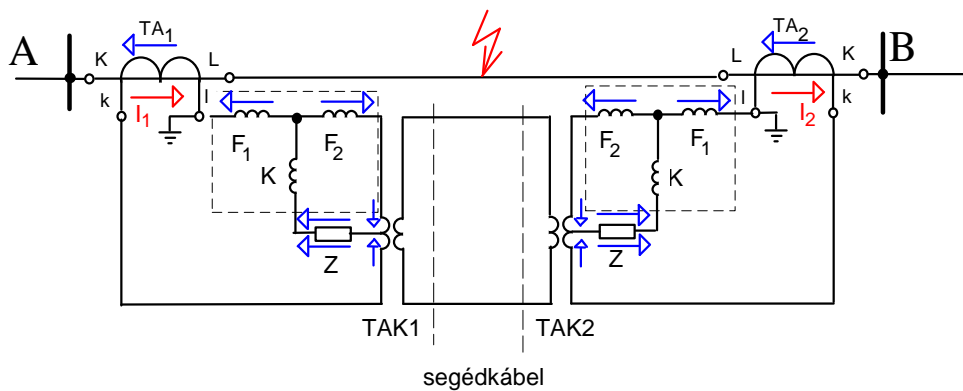
A védett szakasz mindkét végére fel kell szerelni egy-egy szakaszvédelmi relét. A TA jelű főáramváltók túlterhelésének megakadályozására alkalmazzák a TAK jelű közbenső áramváltókat. A közbenső áramváltók áttétele 5/0,4 vagy 5/0,2. Az 5A-es tekercs középmegcsapolású. Ezek az áramváltók a főáramváltók szekunder áramát csökkentik, s az összekötő segédkábelen keresztül ez a csökkent áram fog folyni.

A Z jelű illesztőimpedancia szerepe, hogy normál üzemben a túláramrelé körének (középső ág) impedanciáját az áramirány-összehasonlító reléhez képest megnövelje.

a) zárlat a védett szakaszon kívül vagy ép üzem esetén



b) zárlat a védett szakaszon belül



16.15. ábra Szakaszvédelem áramirány-összehasonlító szakaszvédelmi relével

Külső zárlat esetén (16.15.a ábra) az áramirány relé két tekercsén azonos irányú áram folyik, s így reteszelő nyomatékot ad, mely akkor is elegendően nagy, ha a különbözeti elemen pontatlanságból adódóan áram folyik át. Itt jelentkezik az illesztőimpedancia szerepe, amely a túláramelemmel együtt nem jelent számottevő söntölést. A segédkábelen folyik áram.

A 16.15.b ábra a belső zárlat esetén kialakuló árameloszlást mutatja. Itt kétoldali táplálást tételeztünk fel.

A B állomáson lévő TA₂ áramváltón az áramirány megfordult, a segédkábelben a két oldal áramának egymással szemben kell folynia, gyakorlatilag a segédkábel árammentes lesz.

A közbenső áramváltó gerjesztéseinek egyensúlya tehát nem tud kialakulni, mivel a szekunder tekercsben nem folyik áram. A primer tekercs két felében ezért ellentétes irányú áram alakul ki, s ez biztosítja a szükséges gerjesztési egyensúlyt.

A túláramelemen a két tekercsfél áramának összege folyik át, valamint az áramirány-összehasonlító relé két tekercsén is különböző lesz az áramirány. Maximális kioldónyomaték keletkezik.

16.4.5 Távolsági védelem

Hurkolt hálózatok alapvédelmére fejlesztették ki az impedancia mérési elven működő, irányított, többlépcsős védelmet, a távolsági védelmet.

A védelem a következő fő részekből áll: indítóelemek (ébresztőelemek); kiválasztó rendszer (egy mérőelemes védelemnél); impedancia-mérőelem; teljesítmény-irányelem; többlépcsős időrelé; parancsadó elem.

A távolsági védelem hatásvázlata a 16.16. ábrán látható.

Indítóelem

Feladata a normál és a zártos állapot megkülönböztetése, valamint fáziskiválasztó szerepe van.

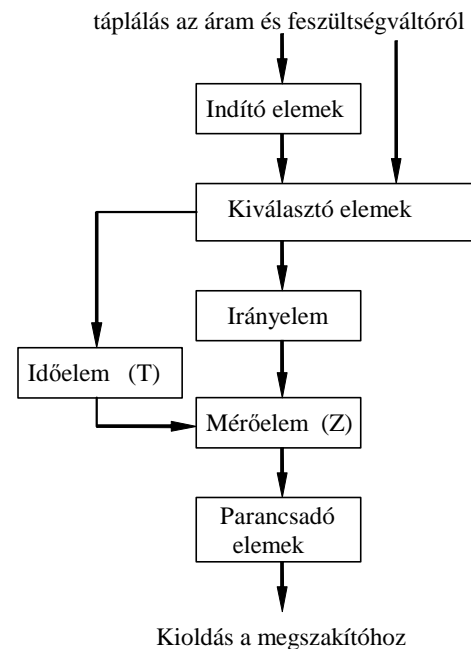
a) *Túláram indítás* ott alkalmazható, ahol a zárlati áram legkisebb értéke is biztosan nagyobb, mint a névleges áram maximális értéke. Ilyenek a 20 kV-os és a 35 kV-os hurkolt hálózatok. Megvalósítása egyszerű túláramrelével történik, melyeket elegendő csak az L1 és L3 fázisokba építeni.

b) *Impedanciacsökkenési indítást* alkalmaznak a földelt csillagpontú hálózatokon, mert az üzemállapot (a hálózat kapcsolási képe) és a terhelési viszonyok változóak.

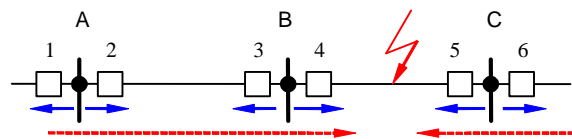
Kiválasztó elemek

Sok érintkezős segédrelék, melyeket az ébresztőelemek vezérelnek. A zárlat nemének megfelelő áramot és feszültséget kapcsolják a mérő- és irányelemre.

Irányelem feladata a távolsági védelem irányselektivitásának biztosítása. A zárlati teljesítmény irányának mérése alapján eldönti, hogy a zárlat a védelem által védendő vezetékszakazon vagy máshol lépett fel.



16.16. ábra



16.17. ábra

Vizsgáljuk meg a 16.17. ábrán látható hálózatot. Mindegyik állomáson (A, B, C) 2-2 távolsági védelem van beépítve. Ha a jelölt helyen zárlat következik be, a 4 és 5 jelű védelemnek kell lekapcsolnia, akkor szelektív a védelem. Az azonos állomáson lévő védelmek mérőelemei azonos áramot és feszültséget kapnak. Azonosat kap a 3 és 4 védelem, valamint szintén egyezőt az 5 és 6 védelmek. Az irányelemek beépítésével azonban elérhető a szelektív

kioldás, mert csak akkor engedélyezik a védelmi működést, ha a zárlati áram a gyűjtősíntől a vezeték felé folyik. Így a 4 és 5 védelem kiold, a 3 és 6 védelem retesz.

A 2 jelű védelem is adhat kioldást, de az adott zárlatot csak magasabb impedancia fokozatban tudja bemérni, így a kioldási ideje is hosszabb. Ennek előnye, hogy a távolsági védelmek egymásnak önműködően fedővédelmet is adnak.

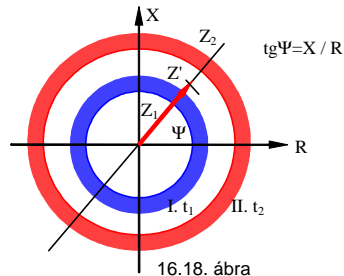
Irányelemként teljesítmény-irányrelét alkalmaznak.

Azoknál a távolsági védelmeknél, amelyek mérőeleme irányított impedanciarelé (MHO), nem kell külön irányelemet alkalmazni. A mérőelem karakterisztikájának irányítottasága ugyanis eleve biztosítja a megkívánt irányszelekciót.

A relék működéséhez mindig elegendő áram van, de a relét tápláló feszültség értéke annál kisebb, minél közelebb lép fel a rövidzárlat a relé felszerelési helyéhez. Azt a tartományt, ahol a zárlati áram és feszültség szorzata (a feszültség nagymértékű letörése miatt) már nem szolgáltat a teljesítmény-irányrelé működéséhez elegendő nyomatóköt, a relé hótsávjának nevezik.

Mérőelem feladata a zárlatos vezetékhurok kiválasztott jellemzőjének (R; Z; X) mérésével megállapítani a védelem beépítési helye és a hibahely közti távolságot.

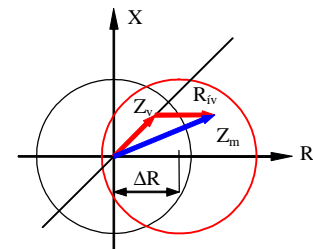
Követelmény a mérőelemtől a pontos működés és a zavaró hatások kiküszöbölése. A távolsági védelmek mérőelemének változtatható érzékenyséű impedancia-csökkenési-relét alkalmazunk. Karakterisztikája a 16.18. ábrán látható.



16.18. ábra Távolsági védelem mérőelemének karakterisztikája

I. jelű a mérőelem karakterisztikája t_1 ideig. Ez azt jelenti, ha a védett szakasz impedanciája lecsökken Z_1 impedancia alá, a mérőelem megszólal és a védelem t_1 időkéleltetéssel kiold. Ha a zárlati impedancia Z' , a karakterisztika automatikusan átkapcsolódik a II. jelű érzékelési hatásra, így a kioldás t_2 időkéleltetéssel valósul meg.

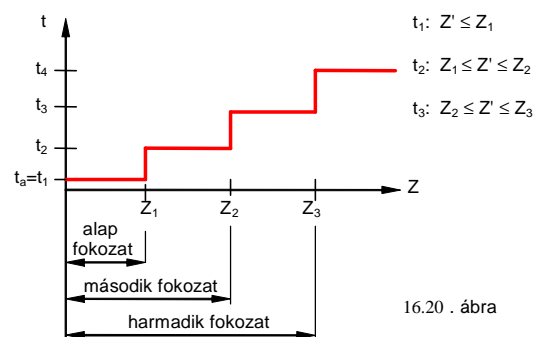
Az íves zárlatok meghamisítják a mérést, az ívellenállás torzító hatása miatt (16.19.ábra). A mérőelem nagyobb impedanciát (Z_m) érzékel, mint a vezeték impedanciája a bekövetkező zárlatkor (Z_v). A védelem elveszíti szelektivitását, mert alapidős kioldás helyett magasabb időfokozatban ad kioldást. Megfelelő műkapcsolással az R tengely mentén eltolva karakterisztika is létrehozható.



16.19. ábra

Az irányított impedanciarelé (MHO) karakterisztikája nem az R tengely mentén van eltolva műkapcsolással, hanem a középpontja a vezeték egyenesén fekszik

A távolsági védelem lépcsős kioldási jelleggörbéje a 16.20. ábrán látható. Az alapfokozat önidős működésű (0,1 s). Az utolsó impedancia fokozat késleltetési ideje t_v , végidő.



Időelemnek a távolsági védelmeknél többlepcsős, meghúzás-késleltetési időrelét alkalmaznak. Ez olyan relé, amelyen egymástól függetlenül több késleltetés állítható

be. Indító impulzus hatására a beállított késleltetésnek megfelelő sorrendben független érintkezőket zár vagy nyit, melyek ebben a helyzetben maradnak az indítójel meglétéig.

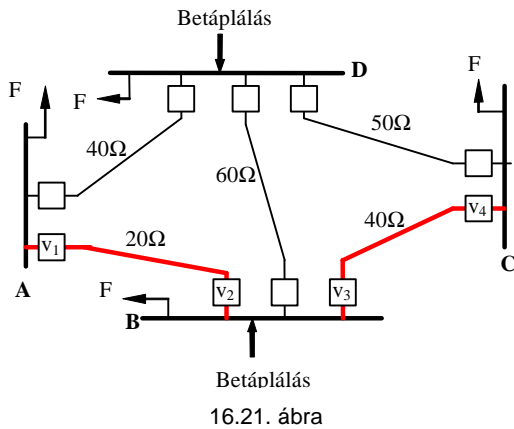
A beállított idő lefutása után átkapcsolja a mérőelem érzékelését egyre nagyobb távolságra. A végső lefutási idő után, a mérőelemtől függetlenül kioldást hoz létre.

Parancsadó elemeket az érintkezők kímélése céljából, a parancs közvetítésére és erősítésére alkalmazzák. Általában gyors működésű segédreléket használnak.

(A mérő- és irányelemek precíziós relék, kis terhelhetőségű érintkezőkkel.)

Hurkolt hálózatok védelmének kialakítása távolsági védelemmel

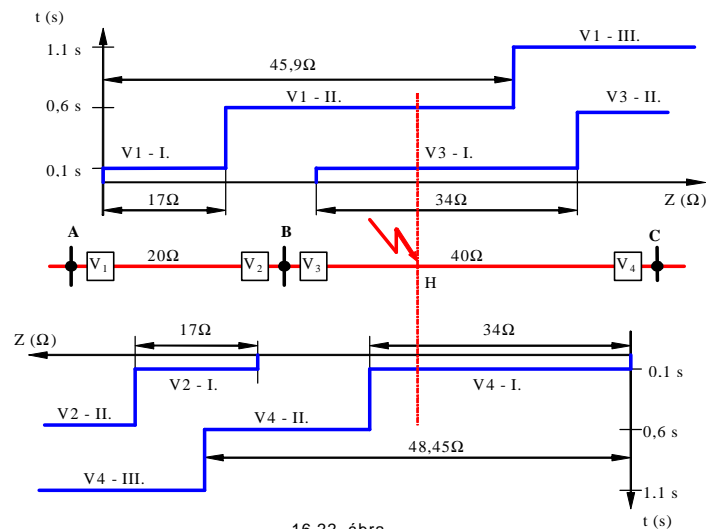
A 16.21. ábrán egyszerű hurkolt hálózati alakzat látható négy állomással (A, B, C, D). Két állomás rendelkezik betáplálással is. Valamennyi távvezeték szakasz mindkét végére távolsági védelem kerül beépítésre. A szelektív védelmi rendszer kialakításához meg kell határozni a védelmek beállítási értékeit. Az egyszerűbb megértés kedvéért csak az A, B és C állomásokat összekötő – az ábrán vastag vonallal rajzolt – két vezeték vizsgáljuk.



A távolsági védelemtől elvárjuk, hogy a védtett szakasz zárlataira alapvédelemként, a védtett szakaszt követő szakaszra pedig, fedővédelemként működjön.

A 16.21. ábrán feltüntettük az egyes vezetékek impedanciájának értékét is.

A védelmek alap- és fedővédelmének beállítását a 16.22. ábrán követhetjük nyomon. A V1 védelemnek alapvédelmi szakasza AB vezeték, fedővédelmi szakasza BC vezeték. Elméletileg a V1 védelemnek egészen a B gyűjtősínig, vagyis 20Ω villamos távolságig a fellépő zárlatot alapidővel kellene hárdítania. Mivel a mérőelemek működése nem teljesen pontos, valamint külső tényezők (pl. a villamos ív torzító hatása) is meghamisítják a mérést, a gyakorlati tapasztalatok alapján a védelem érzékelési határát a védtett szakasz 85%-ban határozzák meg. A V1 védelem alapfokozatának beállítása tehát $0,85 \times 20 = 17\Omega$.



16.22. ábra
Távolsági védelmek beállításának grafikus ábrázolása

Ugyanilyen megfontolások alapján lehet az összes többi alapvédelmi fokozatot beállítani. Az alapfokozatok fenti beállításának hátránya, hogy a védelem az alapvédelmi szakasz utolsó 15%-án bekövetkező zárlatokat nem alapidővel, hanem a második időfokozattal fogja kikapcsolni (ennek kiküszöbölésére alkalmazzák a túlfedést), ezzel szemben a szelektivitás mindenkor biztosítottnak tekinthető.

Az alapvédelmi fokozatok után meg kell határozni, hogy a védelmek második fokozatát milyen villamos távolságra kell beállítani. A V1 védelem második fokozata elméletileg addig érzékelhet, amíg a V3 védelem második fokozata nem kezdődik, akkor lesz a V1 védelem működése a V3 védelemhez szelektív. Ez az elméleti távolság a felszerelés helyétől $20 + 34 = 54\Omega$ -ra adódik. A V1 védelem második fokozatának tényleges beállítási határát ugyanolyan okból, mint már az alapvédelmi fokozatnál ismertettünk, nem állapíthatjuk meg az elvi határral egyezően, hanem annak csak 85%-ban.

A V1 védelem második fokozatának beállítása tehát: $0,85 \times (20 + 34) = 45,9\Omega$. A második fokozat kioldáskésleltetését az első fokozatnál legalább egy szelektív időlépcsővel (0,5s) nagyobbra kell beállítani, tehát $t_2 = t_1 + 0,5 = 0,6s$.

A V2 és V4 védelmek beállítása ugyanígy elvégezhető, de figyelembe kell venni, hogy ezek ellenkező irányban biztosítják a vezetékek védelmét. A védelmek beállítása az alábbi táblázatban látható:

Védelem		Beállítás	Védelem		Beállítás
V1-I.	első fokozat (alapvédelem)	$0,85 \times 20 = 17\Omega$	V1-II.	második fokozat (fedővédelem)	$0,85 \times (20 + 34) = 45,9\Omega$
V3-I.	első fokozat (alapfokozat)	$0,85 \times 40 = 34\Omega$			
V4-I.	első fokozat (alapvédelem)	$0,85 \times 40 = 34\Omega$	V4-II.	második fokozat (fedővédelem)	$0,85 \times (40 + 17) = 48,45\Omega$
V2-I.	első fokozat (alapvédelem)	$0,85 \times 20 = 17\Omega$			

A 16.22. ábrán, a H jelű pontban bekövetkező zárlat esetén a V3-I. és a V4-I. jelű védelmek kapcsolják le a zárlatos vezeték szakaszt alapidős kioldással, tehát a védelem szelektív. A szaggatott vonal ezeket a jelleggörbéket metszi először. Az egyenes a felső karakterisztikák közül másodszer a V1-II. jelűt metszi, amiből megállapítható, hogy a V3 védelem alapfokozatának hibája esetén az adott zárlatra a V1 védelem második fokozatban, 0,6 s késleltetéssel ad kioldást.