



Kuti József

# Írányítástechnikai és védelmi készülékek mérése, ellenőrzése és beállítása



A követelménymodul megnevezése:  
**Erősáramú mérések végzése**

A követelménymodul száma: 0929-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-015-50



## IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI ÉS VÉDELMI KÉSZÜLÉKEK MÉRÉSE, ELLENŐRZÉSE ÉS BEÁLLÍTÁSA

### ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Nagyfeszültségű villamos állomásra üzemlátogatásra érkeznek az erősáramú szakterület végzős tanulói. Az állomás vezetője a hálózatvédelmek jellemző tulajdonságairól tart rövid előadást, majd bemutatja az állomásban található védelmeket. Úgy választja ki a leágazásokat, villamos gépeket, hogy a gyakorlatban is megismerhetők legyenek a szelektivitást biztosító védelmi megoldások.

A szelektív védelmi működés gyakorlati bemutatására a transzformátor különböző védelmét választja. Így lehetősége adódik a különböző elv igazolására, különböző hibahelyek leképezésével.

### SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

#### A VÉDELMI RENDSZEREK KÖVETELMÉNYEI

A villamos berendezések, hálózatok üzemét különböző zavarok és rendellenességek veszélyeztetik. A zavarokat elsősorban a különböző zárlatok jelentik, melyek közül a rövidzárlati áramok okozzák a hibahelyen a legnagyobb terminus és dinamikus hatást. A túlterhelés, a feszültség növekedés és csökkenés, a frekvencia eltérések rendellenessége a fogyasztók normális üzemét befolyásolja. A kialakult zavarok és rendellenes üzemállapotok érzékelése, majd a megszakító kikapcsolásával a rendellenesség megszüntetése a védelmek feladata. Igen sokfajta védelem létezik, rendeltetésüktől és kialakításuktól függően. Ezek felépítését, működési elvét elemezve, jóval kisebb számú alapkapcsolásba sorolhatók.

A védelmek, védelmi rendszerek működésével kapcsolatban az alábbi követelmények fogalmazódnak meg:

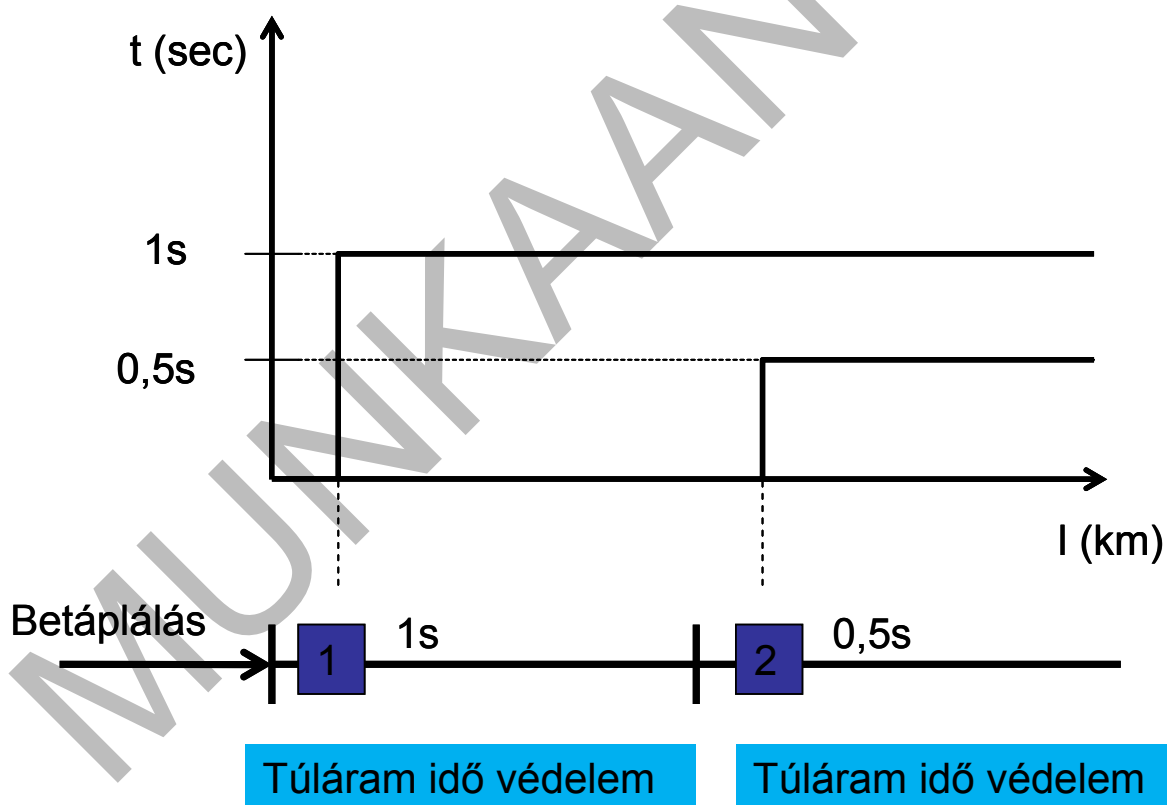
##### 1. gyorsaság

A gyors működés igénye elsősorban rövidzárlatok fellépésekor jelentkezik, hiszen a zárlati ív romboló hatása a zárlat fennállásának idejétől is függ. Ezért a gyors lekapcsolás fontos követelmény.

## 2. szelektivitás

Az ép, hibátlanul üzemelő berendezések, hálózatrészek zavartalan működése érdekében a védelmeknek csak a zártatos berendezést, hálózatrészt kell lekapcsolnia. A szelektív működés tehát azt jelenti, hogy csak a meghibásodott részt kapcsolja le a védelem. A szelektivitás megvalósítása különböző módszerekkel érhető el:

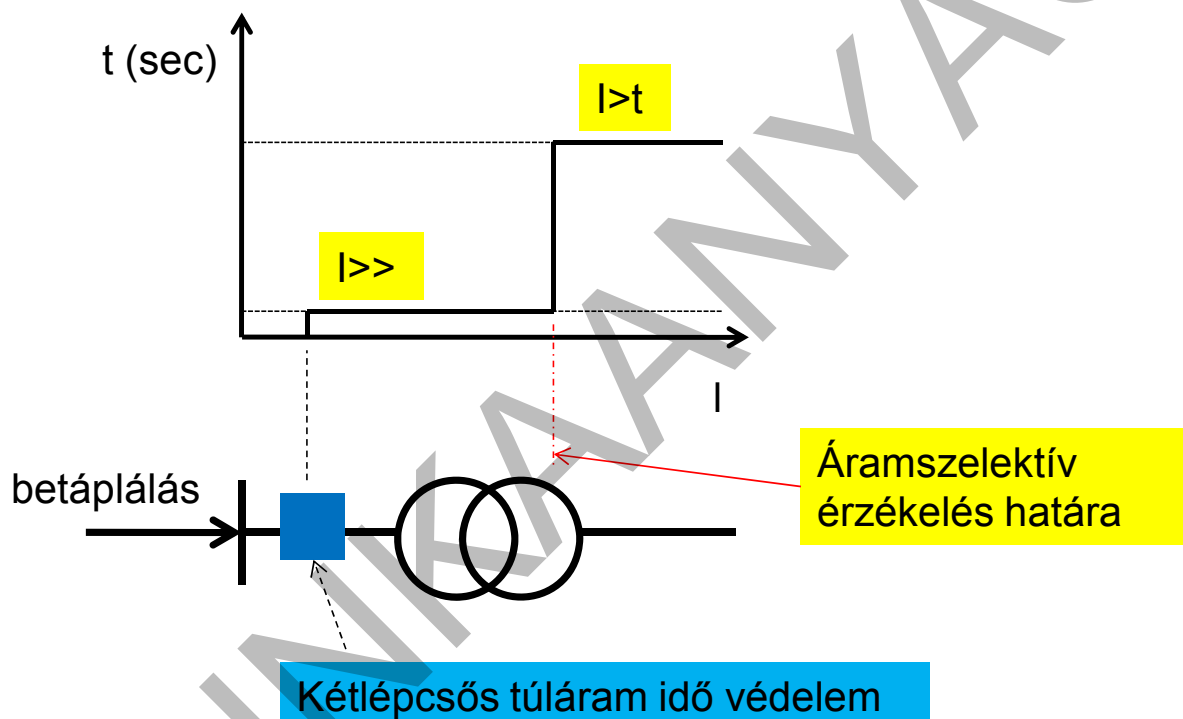
Időkésleltetés alkalmazása során a független késleltetésű túláram védelmeket különböző időkésleltetésekkel látják el azonos árambeállítás mellett. Az időbeállítás a táppont felé haladva minden védelemnél azonos időlépcsővel, 0,5 s-al nő, ahogy az 1. ábrán látható. Ebben a rendszerben a hibát az a védelem szünteti meg, amelyiknél leghamarabb letelik a késleltetési idő. A hálózat képe fölé rajzolt diagram a védelem működéséről két fontos információt ad. Egyrészt a függőleges tengelyen leolvasható az egyes védelmek késleltetési ideje. Másrészt a vízszintes tengellyel párhuzamos vonalak az egyes védelmek érzékelési területét mutatják. Látható, hogy mindkét védelem a hálózat végéig érzékeli a zárlatokat, tehát valóban az időkésleltetésen múlik a szelektív működésük. Tipikus alkalmazási területe az időlépcsőzésnek a sugaras hálózatok.



1. ábra. Időszelektív túláramvédelem



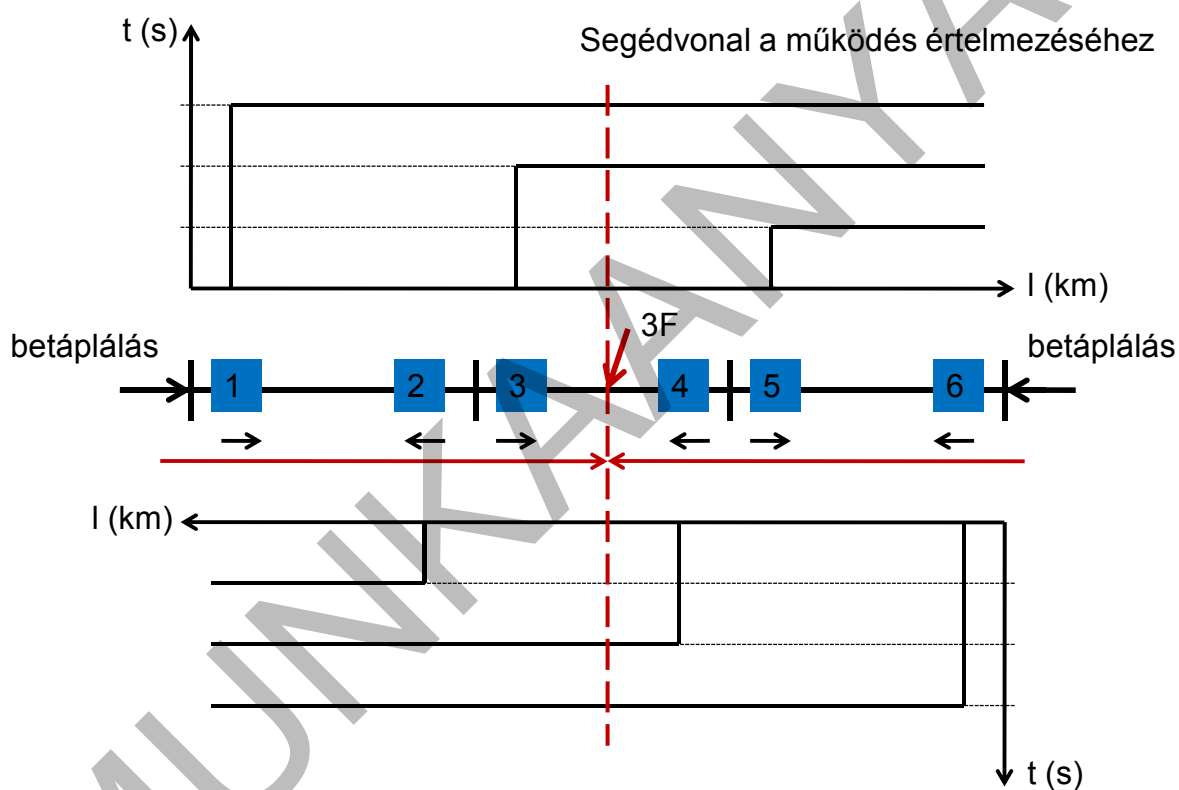
Az érzékelőelemek eltérő beállításával is megvalósítható szelektív működés. A táppontból indulva a hálózat impedanciája nő, így a rajtuk kialakuló zárlati áram nagysága a távolság növekedésével csökken. Ezt a törvényszerűséget felhasználva eltérő árambeállítással is megállapítható a zárlat helye. Az így megvalósított áramszelektív védelmek hálózatok, transzformátorok, gyűjtősínek védelmére alkalmazhatók. Transzformátor védelemben történő alkalmazás során a transzformátor nagy impedanciája jelenti az áramérzékelés határát. A védelem nagy áramra beállított tagja a 2. ábra szerint, a transzformátor szekunder kapcsainál fellépő zárlatokat még érzékeli. A transzformátor utáni hálózatrész zárlataira már csak a kisebb áramra beállított védelmi tag reagál. Gyakorlatilag azonban a nagyáramú tagot a szelektív működés biztosítása érdekében, mindig nagyobb áramértékre állítják be, mint az ábra által bemutatott elméleti érzékelési határ.



2. ábra. Áramszelektív érzékelés transzformátor védelemben

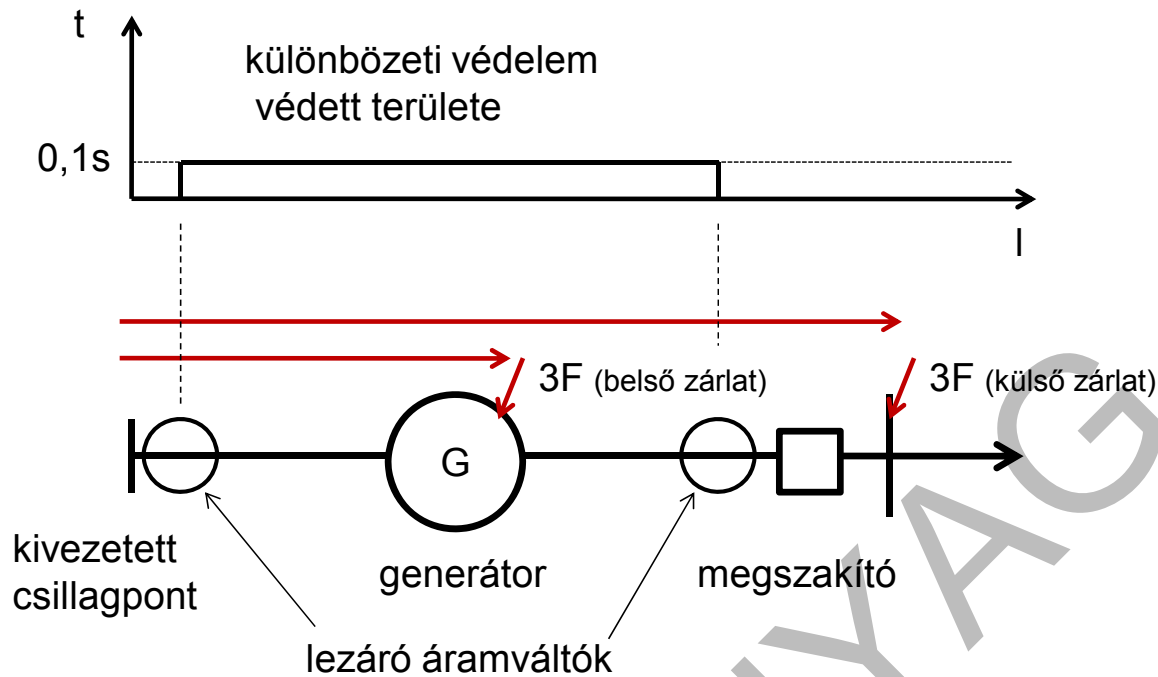
Különleges reteszelő-, vagy indító készülékek alkalmazása a szelektivitás biztosítása érdekében. A zárlati áramok irányának érzékelésével is kialakítható szelektív védelmi működés. Több betáplálás esetén a hibahelyre is több irányból folyik zárlati áram. A zárlati árampályákon érzékelő egyes védelmeknek reteszelniük kell kioldásukat, míg másoknak ki kell kapcsolniuk a hibahely megszakítóját. Az ilyen jellegű kiválasztáshoz villamos teljesítmény érzékelésre és leképezésre alkalmas védelmek kellenek. Körvezeték, párhuzamos hálózati elemek, hurkolt hálózatok védelmeként alkalmazhatók az irányított túláram idő védelmek.

A védelem tervezésekor azonos áramértékre állítják be a túláram érzékelő relét. A védelmek időlépcsőzését úgy végzik el, mint a sugaras hálózatokon. A 3. ábra bemutatja a két betáplálás felől elkészített időlépcsőzést, és a védelmek érzékelési területét. Az így kialakított védelem még nem szelektív, mert az ábrán berajzolt hibahelyre két irányból folyik a zárlati áram. A kis nyilakkal megrajzolt védelmi elemek a teljesítmény relék, amelyek áram és feszültség érzékelésével a kettő nyomotékát (szorzatát) képezik. Az előjelhelyes nyomoték képzés miatt bizonyos áramirányokra reteszelik a védelem működését, míg másik áramirányokra engedélyezik a védelmi kioldást. A viszonyítási alapot is bemutatja az ábra: a kis nyilak a gyűjtősínektől a hálózat felé mutatnak, mert ilyen áramirányra következhet be védelmi kioldás. Az ábrán megjelölt zárlatra a 3. és 4. számú védelmek kapcsolják ki a megszakítókat, mert ezeken a védelmi helyeken teljesülnek a lekapcsolási feltételek: túláram-, és helyes áramirány érzékelés, a legrövidebb idejű késleltetéssel.



3. ábra. Kétoldalról táplált hálózat védelme irányított túláram idő védelemmel

Egy elektrotechnikai törvény felhasználásával is megvalósítható un. abszolút szelektív működés. Ezt példázza a csomóponti törvényen alapuló különbözeti elv felhasználása a különbözeti-, és a szakaszvédelemben. A védelem csak a védett szakaszon, berendezésen bekövetkezett hibákra működik. Villamos gépek, távvezetékek, kábelhálózatok védelme során alkalmazzák ezt a hiba egyértelmű kiválasztására alkalmas védelmet.



4. ábra. Különbözeti elv alkalmazása generátor védelemben

A generátor kivezetett csillagpontjában és a generátor kapcsoknál helyezik el az áramokat érzékelő áramváltókat. Ezzel behatárolják azt a területet (villamos gép, gyújtósínezés), aminek zárlatára a különbözeti védelem lekapcsol. A piros színnel megjelölt áramirányok a 4. ábrán, egyértelműen megjelölik azt a hibahelyet, amelyik a védett területre (az áramváltók közé) esik. A diagramból is látható ez. Fontos tulajdonsága a különbözeti védelemnek, hogy nincs késleltetve. Ez nem szükséges, hiszen a szelektív működés alapja a különbözeti elv.

### 3. érzékenység

A védelmek érzékenysége olyan legyen, hogy különböző zavaró tényezők ellenére is biztosítsák a szükséges működést bármilyen üzemállapotban. Ilyen zavaró tényezőként jelentkezhet a generátorvédelmeknél a hálózati zárlatra bekövetkező lengés jelensége. Távvezeték kapcsolási képeinek változtatása befolyásolja a rövid-, és földzárlati áramok nagyságát, a hibahely átmeneti ellenállása (ívellenség) az impedanciát.

### 4. üzembiztonság

Az üzembiztonság a védelmek legfontosabb követelménye, hiszen alapvető feladatuk a hibák megszüntetése. E fogalomkörbe a védelem mellett a megbízható megszakító, a mindig üzemképes egyenáramú segédenergia, az üzembiztos mérőváltók és a magas színvonalú szerelési technológia tartozik. A felügyelet, a rendszeres karbantartások elvégzése fontos alkotóelemei az üzembiztonságnak.

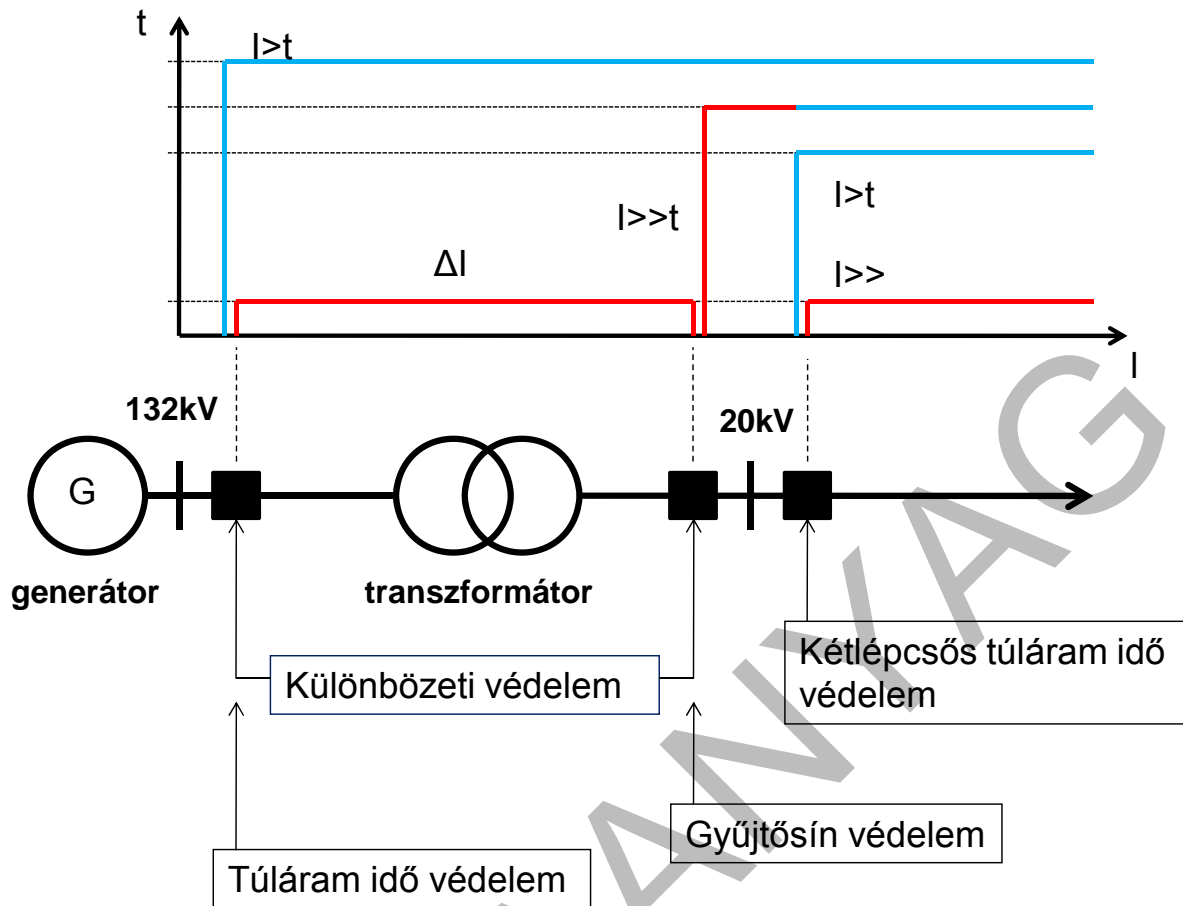
A szelektivitás elve szerint a hibás berendezést, hálózatrészt kell lekapcsolni. Ezt a feladatot az alapvédelmek látják el. Az alapvédelmek kialakításakor a legszigorúbb követelményeket kell érvényesíteni. Alapvédelemnek a kor műszaki színvonalának megfelelő, magas színvonalú védelmi berendezést kell választani. Előfordulhat azonban olyan eset is, amikor az alapvédelem valamilyen okból nem működik. A hibás hálózati elem lekapcsolása nem maradhat el, ezért ilyenkor a tartalékvédelemnek kell működnie. A közeli tartalékvédelem azonos megszakítót kapcsol, mint az alapvédelem, pótolja annak működését. Az alapvédelmi rendszerhez szelektív, annak működését nem előzi meg. Kivételben a védelem egyszerű, de üzembiztos. A távoli tartalékvédelem (fedővédelem) érzékeli a hibát, és az alapvédelem működésének elmaradása esetén avatkozik be. Ez már nem szelektív működést eredményez, mert más mérőváltókról táplálják, és más megszakítót kapcsol, mint az alapvédelem. Nagyobb terület kiesésével jár a kikapcsolás.

A védelmeket rendszerezhetjük aszerint, hogy a védelmi működés hol jön létre, és melyik megszakító kikapcsolását hajtja végre. Eszerint lehetnek:

Alapvédelmek

Tartalékvédelmek

Fedővédelmek (távoli tartalék védelem)



5. ábra. Alap-, és tartalék védelmi rendszer érzékelési tartományai

Az 5. ábra segítségével értelmezhetők az előző védelmi fogalmak. Két alapvédelmet látunk: a transzformátort védő különözeti védelmet, és a 20kV-os távvezeték kétlépcsős túláram idő védelmét. A diagramból kiolvasható, hogy egyik védelem sincs késleltetve.

A gyűjtősín védelem feladata a 20kV-os gyűjtősín védelme. Ez nagy áram beállítású túláram védelemmel megoldható, ennek ellenére rövid késleltetés kell a szelektív működéséhez. A késleltetés oka: a nagy impedancia hiánya a gyűjtősín és a hálózat kezdete között, ami a nagy áramú érzékelést önmagában szelektívvé tenné.

A diagramon rövid piros vízszintes vonal jelzi az alapvédelmi érzékelés területét. A folytatást jelentő kék vonal a tartalék védelmi érzékelést szemlélteti. Erre azért kerülhet sor, mert a gyűjtősín védelem is érzékeli a hálózat kezdeti szakaszán kialakuló zárlatokat. A késleltetéssel biztosítható, hogy nem tudja megelőzni a kétlépcsős túláram idő védelem működését.



A transzformátor 132kV-os oldalán telepített túláram idő védelem érzékelési diagramja jól mutatja, hogy a transzformátor különbözői védelmének tartalék védelme lesz. Az alacsony árambeállítás miatt a hálózaton kialakuló zárlatokat is érzékelni tudja. E tulajdonsága következtében a kétlépcsős túláram idő védelemnek távoli tartalék (fedővédelem) védelmet biztosít. Könnyű belátni az ábra alapján, hogy tartalék védelmi működése esetén a transzformátort is lekapcsolva nagyobb hálózati kieséssel jár a működése.

### 5. egyszerűség

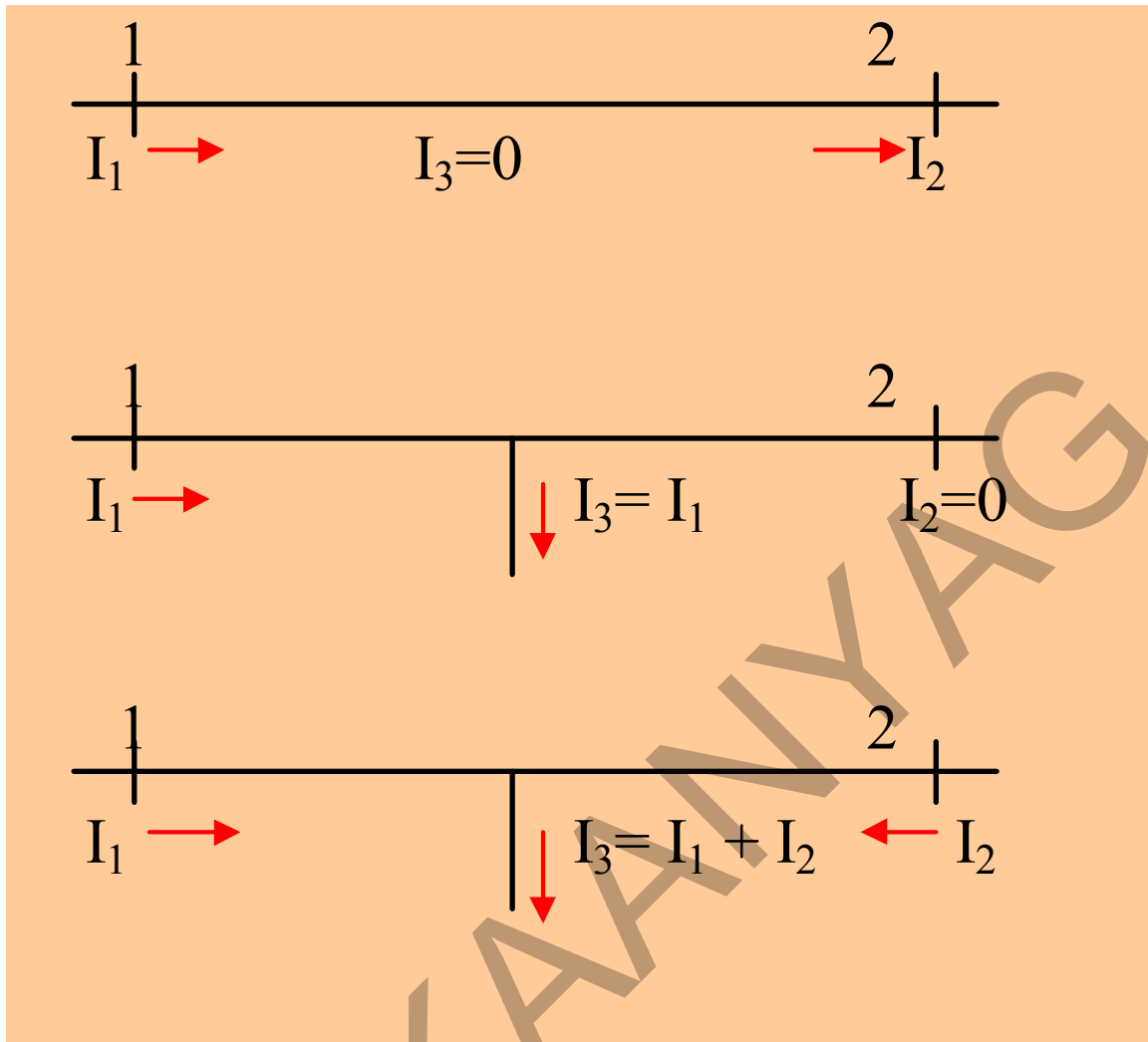
A védett berendezés elhelyezkedése (fontossága) az energia rendszerben különböző színvonalú védelmi megoldást kíván. Az egyszerűség követelményének betartása bizonyos engedményeket kívánhat a védelem kialakításában. A kis valószínűséggel fellépő hibákat figyelmen kívül lehet hagyni. Erre jó példa egy távvezetéken, két helyen egyidejűleg fellépő hibának elvetése. A kis valószínűséggel előforduló üzemállapotokat sem szükséges figyelembe venni. Az érzékelés módjától kezdve, a védelmi tartalékoláson át, bizonyos üzemállapotok (pl. párhuzamos üzem) letiltásáig terjedhet az egyszerűség megvalósítása. A védelmek kiválasztását alapvetően a védendő hálózat, berendezés, illetve a fogyasztó jellege és teljesítménye, a hálózatban elfoglalt szerepe határozza meg.

### 6. gazdaságosság

Gazdaságos egy védelem alkalmazása, ha létesítési, karbantartási, javítási költsége kisebb, mint a zavarok, meghibásodások által okozott kár.

## KÜLÖNBÖZETI ELV

A különbözőzeti elv lényegében Kirchhoff csomóponti törvényére épül. Eszerint a csomópontba befolyó, és az onnan kifolyó áramok eredője nulla. Ha erre alapozva védelmet akarnak kialakítani, akkor a védendő berendezést (távvezeték, kábelt, villamos gépet) mindkét oldalán lezárják a be- és kifolyó áramokat érzékelő áramváltókkal.



6. ábra. A különbözeti elv magyarázata

Az áramváltókról üzemeltetett védelem működésének megértésében a 6. ábrán megrajzolt séma segít. A három üzemállapot felülről lefelé haladva:

- Hibátlan üzem és külső zárlat
- Belső zárlat, egyoldali betáplálás
- Belső zárlat, kétoldali betáplálás

Üzemi viszonyok között a védett berendezés elején és végén azonos áram folyik. ( $I_1 = I_2$ ) Mivel nincs hiba, elágazás sincs, ahol az áram egy része elfolyna. ( $I_3 = I_1 - I_2 = 0$ ) Ezért a védelmi relére nem kerül hibaáram, így kioldás sem lesz.

Ugyanez a helyzet külső zárlat esetén is, amikor a hiba nem a védett berendezésben van, hanem azon kívül. Ilyenkor az üzemi áramnál lényegesen nagyobb zárlati áramok folynak, de az alapelvben ez semmiféle változást nem okoz. Nincs hiba a védett berendezésben, nincs elfolyó hibaáram, ezért védelmi kioldás sem lehet.

Ha a védett berendezésben lép fel hiba (belső zárlat), akkor rajta egy elágazás keletkezik, amelyen a hibahely felé áram folyik. Ha a berendezés csak egy oldalról kap táplálást (sugaras hálózat), akkor a zárlati áram azonos lesz a táplálásoldali árammal ( $I_1 = I_3$ ). Vagyis befolyó áram lesz, de kifolyó nem: ez hibát jelent, a védelemnek kioldást kell adnia. ( $I_3 = I_1 + 0$ )

Ha a védett berendezés két oldalról kap táplálást (körvezeték, párhuzamos vezeték, hurkolt hálózat), akkor az áramirány megváltozik a 2-es áramfigyelési ponton. Így a hibahelyre mindkét oldalról áram folyik ( $I_3 = I_1 + I_2$ ), a védelemnek kioldást kell adnia.

A leírtakból látható, hogy a védett berendezés zavarmentes vagy zárlatos állapotáról a két végén folyó áram összehasonlítása révén egyértelmű információ kapható.

## A KÜLÖNBÖZETI ELV GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

### 1. Transzformátor különbozeti védelem kialakítási feltételei

Különbozeti védelmet minden 10 MVA, vagy annál nagyobb teljesítményű transzformátor esetén alkalmazni kell. Erőművekben ez a határ 5 MVA. Transzformátor és feszültségszabályozó egységek számára közös különbozeti védelem szolgál, amelynek telepítése a transzformátor primer és szekunder oldali áramváltóira történik. A védelemnek működni kell az átvezető szigetelőkön, a sínezésen, a transzformátor tekercselésében keletkező rövidzárlatokra. A különbozeti védelem a transzformátor mindkét oldali megszakítóit kikapcsolja belső zárlat után. A védelem működése a már megismert különbozeti elven alapul, de az üzembiztos és helyes működés érdekében a védelem kialakításakor figyelembe kell venni a transzformátor sajátosságait.

A transzformátor primer és szekunder oldalán eltérő nagyságú áramok folynak az áttétel miatt. Ha azonos áttételű áramváltókkal oldanánk meg a befolyó és kifolyó áramok érzékelését, akkor a védelmi relére ezen áramok különbsége kerülne hibátlan üzemben is. Ennek megakadályozására olyan eltérő áttételű áramváltókat alkalmazunk, amelyekkel kiegyenlíthető a transzformátor áttétel okozta hiba. A kiegyenlítettiséget a következő összefüggéssel határozzuk meg:

$$0,8 \leq \frac{U_1 a_1 a_{k1}}{U_2 a_2 a_{k2}} \leq 1,25$$

A képlet betűjelei:

- $U_1$  = névleges primer feszültség
- $U_2$  = névleges szekunder feszültség
- $a_1$  = primer oldali áramváltó áttétele
- $a_2$  = szekunder oldali áramváltó áttétele
- $a_{k1}$  = közbenső áramváltó (ha szükség van rá) áttétele
- $a_{k2}$  = közbenső áramváltó (ha szükség van rá) áttétele

Ha eltérő tekerceslésű a transzformátor primer és szekunder oldala, korigálni kell a kiegyenlítetttség számításának összefüggését ( $\sqrt{3}$ ), mert a védelmi relére a transzformátor mindkét oldaláról fázisáramnak kell folynia.

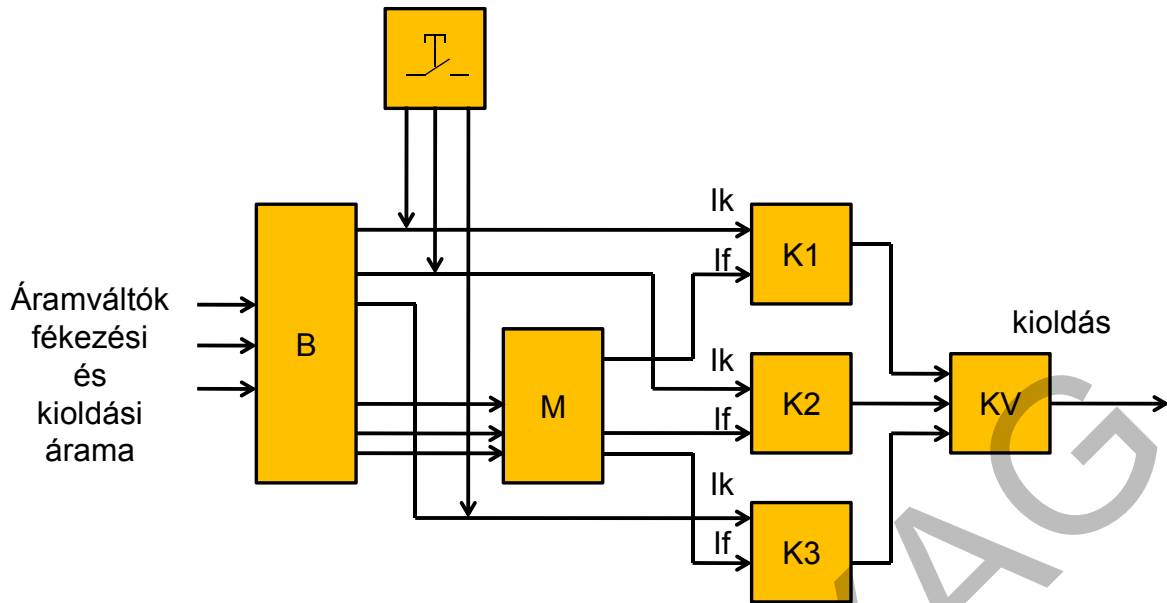
A transzformátor primer és szekunder oldalán folyó áramok között szögeltérés van az eltérő tekerceslési mód miatt. A különbözeti elv alkalmazásához a primer és szekunder oldali áramokat azonos fázisúra kell forgatni. Ezt az áramváltók bekötésével tudjuk megoldani: a transzformátor tekerceslési módjával ellentétes módon kell az áramváltókat bekötni. Természetesen a szögeltérésnek megfelelően kisserkesztve.

A transzformátor különbözeti védelme a két oldal áramát hasonlítja össze. A transzformátor bekapcsolási áramlökése azonban csak az egyik oldali áramváltón folyik át. Ez helytelen kioldást okozhat, hiszen ezt a jelenséget a védelem hibának értelmezi. A téves kioldás ellen elektromechanikus relék esetében úgy védekeztek, hogy magasabb áramra állították be a védelmi relé megszólalási áramát. A bekapcsolási áramlökés nagymértékben tartalmaz második felharmonikusokat. Ilyen jellegű áram jelalak üzemi állapotban vagy zárlatkor nem fordul elő. Az elektronikus védelmek a jelalak alapján felismerik ezt a jelenséget, és nem adnak kioldást. A TD típusú védelmeknél a különbözeti ágban folyó áram maximumának 70%-ával arányos fékező árammal oldják meg a biztonságos bekapcsolást.

## 2. Elektronikus különbözeti relé

### Külbözeti relé felépítése

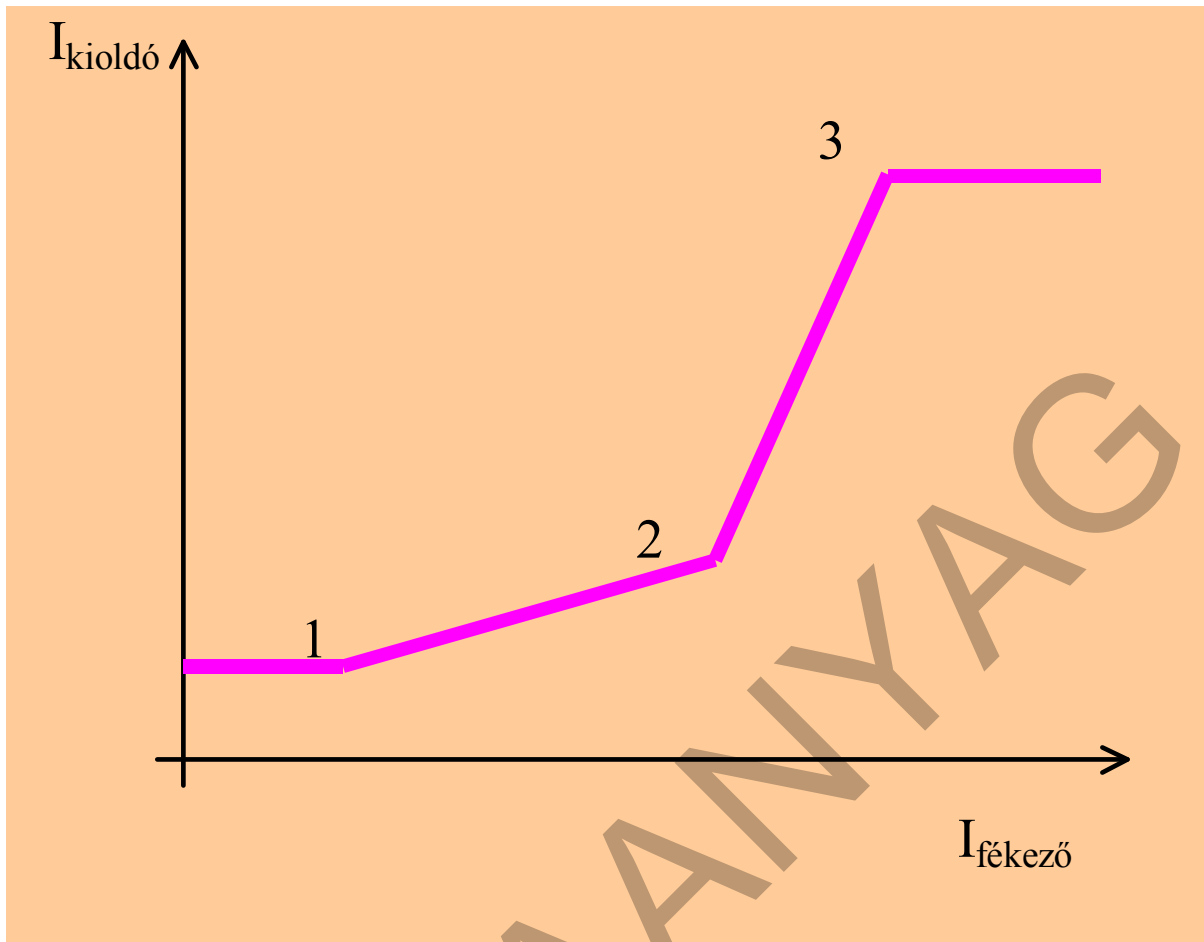
A 7. ábra tömbvázlata szerint a bemeneti egység (B) csatlakozik az áramváltók szekunder körére, egyben a galvanikus elválasztás feladatát is ellátja. Az érzékelt kioldási és fékezési áramok egyenirányítókon, és feszültségosztókon keresztül az M jelű kiválasztó és alapjel előállító egységbe kerülnek. Ugyanide csatlakozik a kioldó áram feszültségese is. Az M jelű egységben állítják elő az alapérzékenység referencia jelét ( $I_f$ ), amely szabályozható és a fékezési meredekséget jelenti. Ha belső zárlat van, és a különbözeti áramváltón is áram folyik, az egyenirányítás után a beépített ellenállásokon feszültség jön létre. Ez a feszültséggel arányos áram ( $I_k$ ) kerül a K jelű túláram relékbe (komparátor), amelyeknek a kioldó irányú feszültséget biztosítja. A túláram relék akkor működnek, ha bejövő kioldó áram nagyobb, mint a fékező áram ( $I_k - I_f > 0$ ). Ez a védett berendezés (hálózatrész) zárlatakor fordul elő. Mivel a különbözeti relé mindig háromfázisú, a három túláram tag után egy "VAGY" kapu következik. Ha bármelyik relénél teljesül a kioldási feltétel, akkor a kimenő egység végrehajtó (KV) reed-reléit működteti a védelem. Ezek pedig a megszakítót működtetik. A nyomógombos egységgel lehet elvégezni mindhárom fázisban, külön-külön a védelem működőképességi vizsgálatát.



7. ábra. Elektronikus különbözeti relé tömbvázlata

A korszerű differenciálvédelmek elektronikus kivitelűek, háromfázisú érzékelésűek. Több töréspontú fékezési karakterisztikával rendelkeznek, amelyek a különbözeti védelem helyes működéséhez szükségesek. Ilyen jelleggörbét mutat a 8. ábra.





8. ábra. Elektronikus különbözeti relé jelleggörbéje

A vízszintes tengelyen a fékező áramok szerepelnek, két tekercselésű transzformátorok esetében a fékezést a transzformátor két oldaláról folyó  $I_1 + I_2$  áram biztosítja. A jelleggörbe 1-es pontjáig a fékezés független az áramoktól (max.  $I_N$ -ig). Az 1. és 2. pont között a fékezés enyhe emelkedése (20–50%) figyelhető meg. Szerepe az áramváltók áttétel különbségének illetve a szabályozós transzformátorok eltérő szabályozóállásának kiegyenlítésében van. A 2. pont az áramváltók várható telítésének áramához tartozik ( $3 \dots 10 I_N$ ). Az áramváltók vasmagja a gondos kiválasztás és gyártás ellenére sem azonos módon telítődik a zárlati áramok hatására. Ebben a tartományban már nem szolgáltatják az áttételükkel arányos szekunder áramot. Így azonos primer áram ellenére eltérő szekunder áramot juttatnak a különbözeti relé bemeneteire, ha nincs fékezés, ez téves kioldással járna.

A jelleggörbét a 2. és 3. pontok között meredek fékezési karakterisztika jellemzi. Az áramváltók telítődése után a különbözeti ágban is áram folyik, és a telítési pont után ez az áram meredeken emelkedik. Ennek ellensúlyozására nagy fékező áramra van szükség. A 3. pont a várható legnagyobb külső zárlati áram helye ( $20 I_N$ ), és a transzformátor szekunder oldalának közelében lép fel. A felhasználó számára az áramváltók kiválasztásától függően négyféle fékezési meredekség (20%–30%–40%–50%) választására nyílik lehetőség. Az ábrán látható jelleggörbe ebből csak egyet mutat.

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A témakörhöz tartozó ismeretek gyakorlati alkalmazásához javasolt tanulói tevékenységforma:

A rendelkezésre álló védelmi berendezésen beállítási, mérési, ellenőrzési és minősítési feladatok elvégzése, különböző zárlati állapotok leképezésével.

## TRANSZFORMÁTOR KÜLÖNBÖZETI VÉDELMÉNEK VIZSGÁLATA

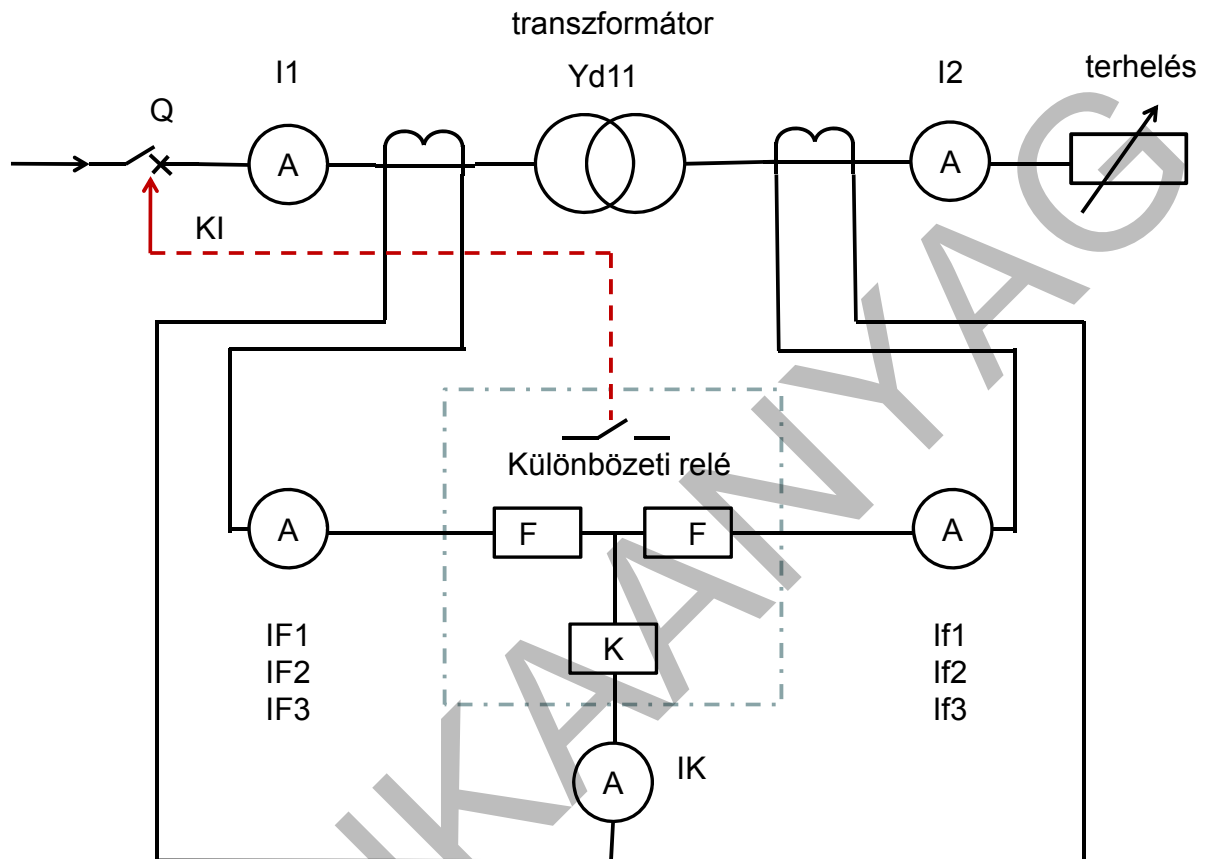
1. A vizsgálandó transzformátor és az alkalmazandó védelem adatait rögzítse a megadott táblázatba!

TRANSZFORMÁTOR ADATAI	VÉDELEM ADATAI
névleges feszültség: $U_1 =$	típus =
$U_2 =$	névleges áram: $I_n =$
teljesítmény $S =$	segédüzem $U_n =$
kapcsolási csoport =	
százalékos rövidzárlati feszültség=	

2. Ellenőrizze az áramváltók megfelelő kiválasztását a kiegyenlítetttség számításával, majd minősítse a kapott eredményt!

### 3. Állítsa össze a transzformátor különbözeti védelmét.

Végezze el a védelmi rendszer bekötését a 9. ábra alapján. Szimmetrikus áramviszonyokat feltételezve, fázisonként csak egy-egy ampermérővel mérjük közvetlenül a transzformátor primer ( $I_1$ ) és szekunder ( $I_2$ ) áramát.



9. ábra. Transzformátor különbözeti védelem vizsgálatának elvi rajza

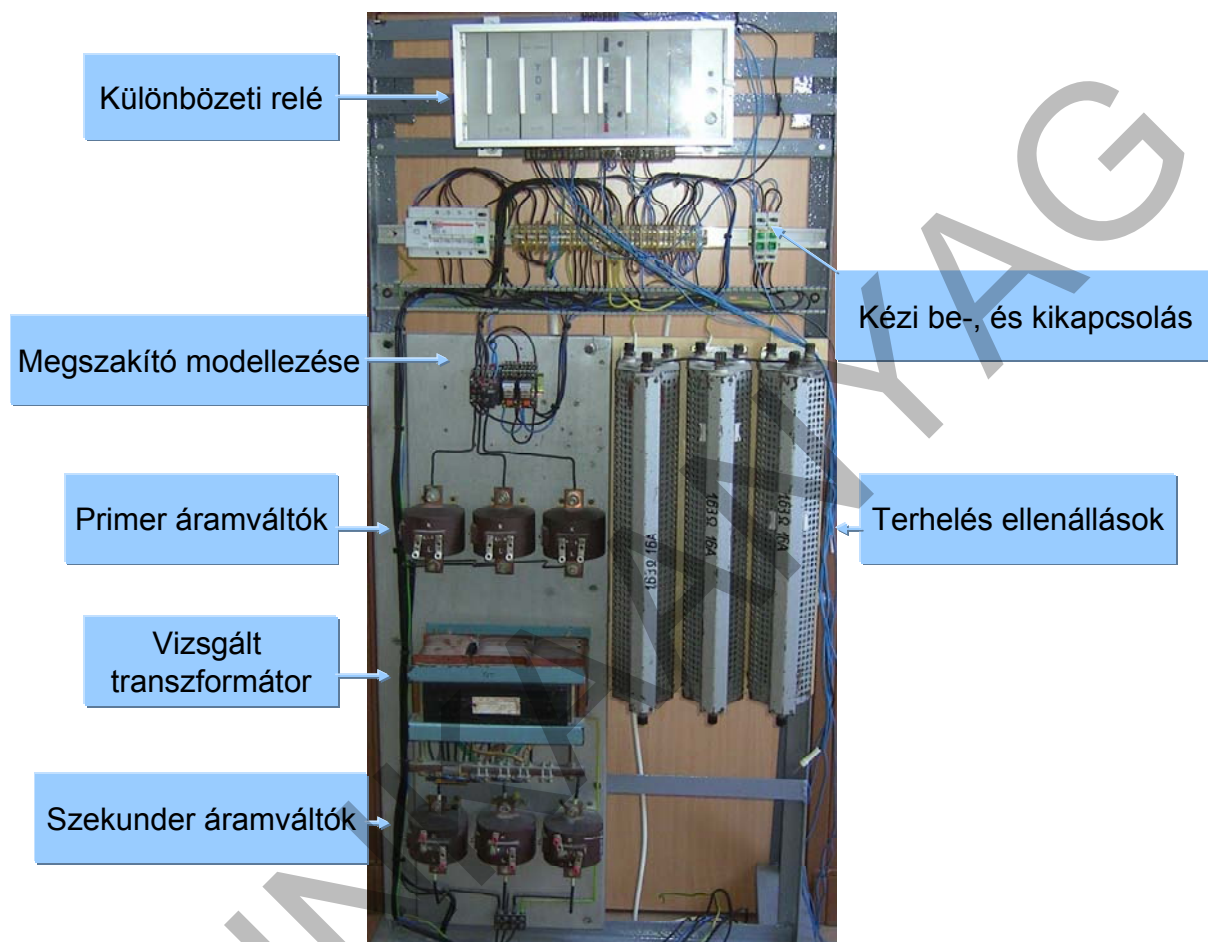
A megszakító (Q) leképezése olyan mágneskapcsolóval történt, melyeknek homlokoldalára reteszelő elektromágneses elem kerül (KI). Ha a megszakítót bekapcsoljuk SB jelű nyomógombbal, a reteszmágnes fegyverzete kitámasztja a mágneskapcsoló érintkezőit. Mindaddig ebben a helyzetben marad, amíg SK nyomógombbal ki nem kapcsoljuk, vagy a védelem ki nem oldja a reteszmágnes tekercsére feszültséget kapcsolva. Ezzel a megoldással kétállású lesz a mágneskapcsoló, amely így képes elvégezni a megszakító feladatát.

A transzformátor kapcsolási csoportjának megfelelően a szögeltérést az áramváltókkal vissza kell forgatni. Ezért a transzformátor delta tekercselésű oldalán az áramváltókat csillagba kötik. Értelemszerűen a csillag kapcsolású oldalon az áramváltók bekötése háromszög kapcsolású lesz. Természetesen a bekötési irányokra is ügyelni kell. Mindhárom fázisban mérjük a fékezési áramokat, a kioldó áramot ( $I_k$ ) csak egy fázisban.

4. Vizsgálja meg a védelem működését különböző üzemállapotokban.

Állítson be a különbozeti védelmen 1,5A kioldási áramot, és 30%-os fékezési áramot.

Helyezze üzembe a védelmet. A különbozeti védelem vizsgálatának egyes feladatait a 10. ábrán látható modell segítségével végezze el.



10. ábra. A különbozeti védelem vizsgálati modellje

1. Üzemi állapot leképezése

Zárlat kialakítása nélkül, üzemi állapotot vizsgáljon meg. A toroid transzformátorral addig gerjessen áramot, míg a szekunder áram a transzformátor adatainak megfelelő értéket el nem éri. Olvassa le a műszereket, és a mérési adatokat a táblázatba jegyezze fel. Ezekből az adatokból következtessen a védelem bekötési állapotára. Ha szükséges, javítson a transzformátorvédelem bekötésén.

Üzemi állapotban a különbozeti védelem nem kapcsolhat le. Elsősorban ezt kell megállapítani a mérés során. Ha mégis leoldást tapasztal, akkor a mérőműszerek adatai segítségével kell a hibát elhárítani.

Ha megfelelően történt az áramváltók bekötése, a transzformátor primer és szekunder oldalán elhelyezett áramerősség mérők a névleges értéket mutatják. A primer oldalról a védelem felé érkező áramokat három ampermérő (IF) méri, azonos nagyságú áramot mér, ha rendben megtörtént a bekötés. Ugyanezt kell tapasztalni a szekunder oldalon elhelyezett három fékezési áramot mérő ampermérőn (if) is.

A MŰKÖDÉSI PRÓBA MÉRÉSI EREDMÉNYEI																													
Kioldó áram beállítása:									A									Fékezési ellennyomaték beállítása:									%:		
I1			I2			IF1			IF2			IF3			If1			If2			If3			IK					
$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A			

### 2. Külső zárlat leképezése:

Feszültségmentes állapotban, háromfázisú rövidzárlatot alakítson ki a transzformátor leágazásban a terhelésnél. Az így kialakított külső zárlati hibahelyre a toroid transzformátor segítségével gerjessen a transzformátor adatainak megfelelő hibaáramot. Olvassa le a műszereket, a mérési adatokat táblázatban rögzítse, és állapítsa meg a védelem működését.

Lényegében a mérőműszerek által mért értékek, és a belőlük levonható következtetések megegyeznek az üzemi állapotban történő méréssel. A valóságban lényegesen nagyobb áramok folynak, mint üzemszerűen. Ez a toroiddal történő áramgerjesztés miatt nem szembetűnő körülmény.

A MŰKÖDÉSI PRÓBA MÉRÉSI EREDMÉNYEI																													
Kioldó áram beállítása:									A									Fékezési ellennyomaték beállítása:									%:		
I1			I2			IF1			IF2			IF3			If1			If2			If3			IK					
$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A			

### 3. Belső zárlat leképezése:

Feszültségmentes állapotban, háromfázisú rövidzárlatot alakítson ki a transzformátor leágazásban a szekunder oldali áramváltó "belső" kapcsain. Az így kialakított belső zárlati hibahelyre a toroid transzformátor segítségével gerjessen áramot. Olvassa le a műszereket, az adatokat táblázatba írja be, és állapítsa meg a védelem működését. Ha a mérés során a gyors védelmi lekapcsolás miatt nem tudta leolvasni a műszereket, ismétlje meg a vizsgálatot.



## IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI ÉS VÉDELMI KÉSZÜLÉKEK MÉRÉSE, ELLENŐRZÉSE ÉS BEÁLLÍTÁSA

A kapcsolásból kiderül, hogy egyoldali táplálással vizsgálja a transzformátort. A hibahely háromfázisú rövidzárása kiiktatja a szekunder oldali áramváltókat. Ezért csak a transzformátor primer áramát közvetlenül mérő ampermérő, és a primer oldali fékező áramokat érzékelő műszerek mutatnak áramerősséget. Természetesen a kioldókörü mérőműszer is mutat áramot. Emiatt a különbözeti védelemnek ebben az esetben ki kell kapcsolnia a megszakítót.

A MŰKÖDÉSI PRÓBA MÉRÉSI EREDMÉNYEI																													
Kioldó áram beállítása: A												Fékezési ellennyomaték beállítása: %:																	
I1			I2			IF1			IF2			IF3			If1			If2			If3			IK					
$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A	$\alpha$	c	A			

Értékelés a várható mérési eredmények (tapasztalatok) alapján:

Üzemi állapot leképezése: Ha a kiegyenlítettség mértéke eléri az ideális értéket ( $K=1$ ), akkor a kioldó körben nem folyik áram. Ekkor a fékező áramokat mérő ampermérők azonos nagyságú áramokat mérnek. Kioldás nem jön létre.

Ha a kiegyenlítettség 0,8 és 1,25 közé esik, akkor a kioldó körben is folyik áram, de a beállított fékezési ellennyomaték miatt kioldás nem jön létre. A fékező áramok azonossága csak a három primer, és a három szekunder oldali ampermérőn teljesül, külön-külön. Ha összehasonlítunk egy-egy fázis áramerősség mérői által mutatott értéket a transzformátor primer és szekunder oldaláról, akkor eltérést tapasztalunk. Ez a magyarázata a kioldó körben folyó áramnak is.

Külső zárlat leképezése: Nagyobb leolvasott áramértékek mellett ugyanazt kell tapasztalunk, mint üzemi helyzetben. Kioldás most sem jöhet létre.

Belső zárlat leképezése: A különbözeti elvnek megfelelően a védelemnek ki kell kapcsolnia a megszakítót. Egyoldali betáplálás mellett dolgoztunk, ezért a transzformátor szekunder oldalán nem mérnek áramot az ampermérők. A kioldó áram értéke töredéke csak az üzemi állapotban vagy külső zárlatkor mért értéknek, mégis van kioldás! A magyarázatot a fékezés hiánya adja ebben az esetben.

### Megoldások

#### 1. feladat

A vizsgálandó transzformátor és az alkalmazandó védelem adatait rögzítse a megadott táblázatba!

TRANSZFORMÁTOR ADATAI	VÉDELEM ADATAI
-----------------------	----------------

névleges feszültség: $U_1=400V$	típus =TD
$U_2=24V$	névleges áram: $I_n= 5A$
teljesítmény $S =250VA$	segédüzem $U_n=220V DC$
kapcsolási csoport =Yd11	
Százalékos rövidzárási feszültség=5%	

## 2. feladat

Az áramváltók megfelelő kiválasztását a kiegyenlítetttség számításával kell ellenőrizni.

$$0,8 \leq \frac{U_1 a_1 a_{k1}}{U_2 a_2 a_{k2}} \leq 1,25$$

$$0,8 \leq \frac{400 * \frac{1}{5}}{24 * \frac{10}{5} * \sqrt{3}} \leq 1,25$$

$$0,8 \leq 0,96 \leq 1,25$$

Az áramváltók kiválasztása megfelelő, mert a kiszámított kiegyenlítetttség értéke a megadott értékhatárok közé esett. Az alkalmazás feltétele még, hogy a különbozeti relé rendelkezzen fékezési tulajdonsággal. A feladatban felhasznált elektronikus relé teljesíteni tudja ezt a feltételt.

## 3. feladat

Jól állította össze a transzformátor különbozeti védelmét, ha

- A megszakító modellt be-, és ki lehetett kapcsolni a kézi működési próba alkalmával.
- A különbozeti védelem zöld jelzőlámpája a bekapcsolása után világít, jelezve az egyenáramú segédüzem feszültségét.
- Az előírt beállításokat jól végezte el.

## 4. feladat

Jól működött a különbozeti védelem, ha üzemi körülmények között nem kapcsolta ki a megszakítót.

Jól működött a különbozeti védelem, ha külső zárlatra nem kapcsolta ki a megszakítót.

Jól működött a különbozeti védelem, ha belső zárlatra (transzformátor hiba) kikapcsolta a megszakítót.

MUNKANYAG

**ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK****1. feladat**

A szelektív védelmi működés érdekében a gyakorlatban szívesen alkalmazzák a különböző elv alapján működő különböző-, és szakaszvédelmeket. Írja le a különböző elv jellemzőit, melyek révén a hibahely egyértelmű beazonosítására alkalmas!

---

---

---

---

---

---

**2. feladat**

Nagy teljesítményű transzformátorok alapvédelmére különböző védelmet terveznek. Írja le, hogy milyen feltételekkel alakítható ki a transzformátor különböző védelme?

---

---

---

---

---

---

**3. feladat**

Számítsa ki, majd állítsa be a különböző védelmet a következő értékekkel: kioldó áram 60A (primer oldalon), a fékezés mértéke 30%. Vegye figyelembe, hogy a relé névleges árama 5A, és a védelmet tápláló áramváltó 200/5/5 A áttételű.

Rendelkezésre álló beállítási képletek:

Kioldási áram:  $\Delta I = (0,2 + \Sigma a) * I_n$ , ahol

$I_n$  a relé névleges árama,

$\Sigma a$  a benyomott kioldási beállító nyomókapcsolók értékének összege. Két ilyen kapcsolóval rendelkezik a relé:  $a_1=0,1$  és  $a_2=0,2$ .

Fékezési áram:  $I_f = 20 + \Sigma a$  (%)

$\Sigma a$  a benyomott fékezési beállító nyomókapcsolók értékének összege. Két ilyen kapcsolóval rendelkezik a relé:  $a_1=10$  és  $a_2=20$ .

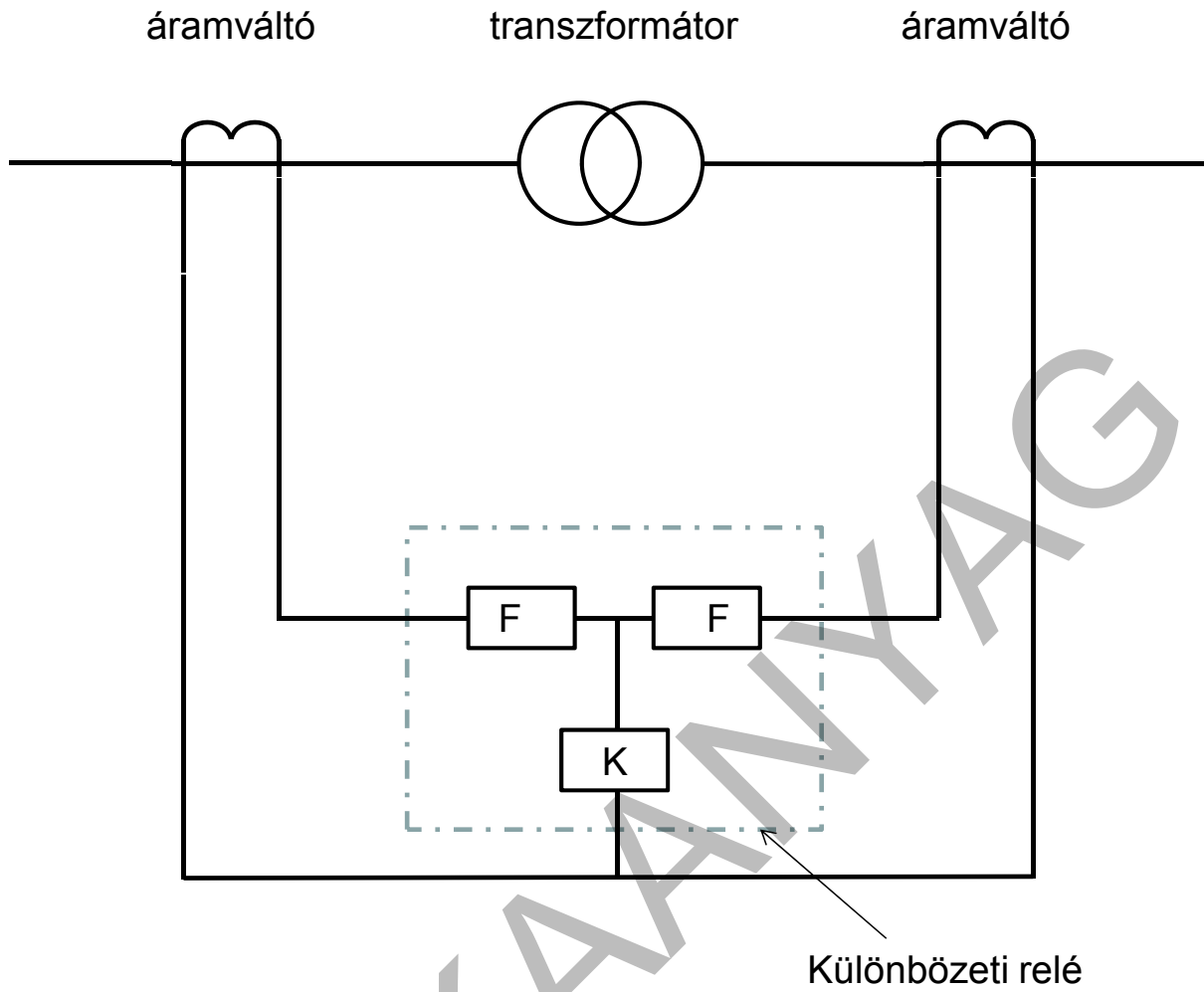


---

**4. feladat**

Rajzolja be az áramirányokat transzformátor zárlat, és hálózati zárlat esetén a 11. ábrába!





11. ábra. Transzformátor különözeti védelme

**5. feladat**

Sorolja fel, és írásban jellemezze a megfelelően működő védelmekről elvárt tulajdonságokat!

---



---



---



---

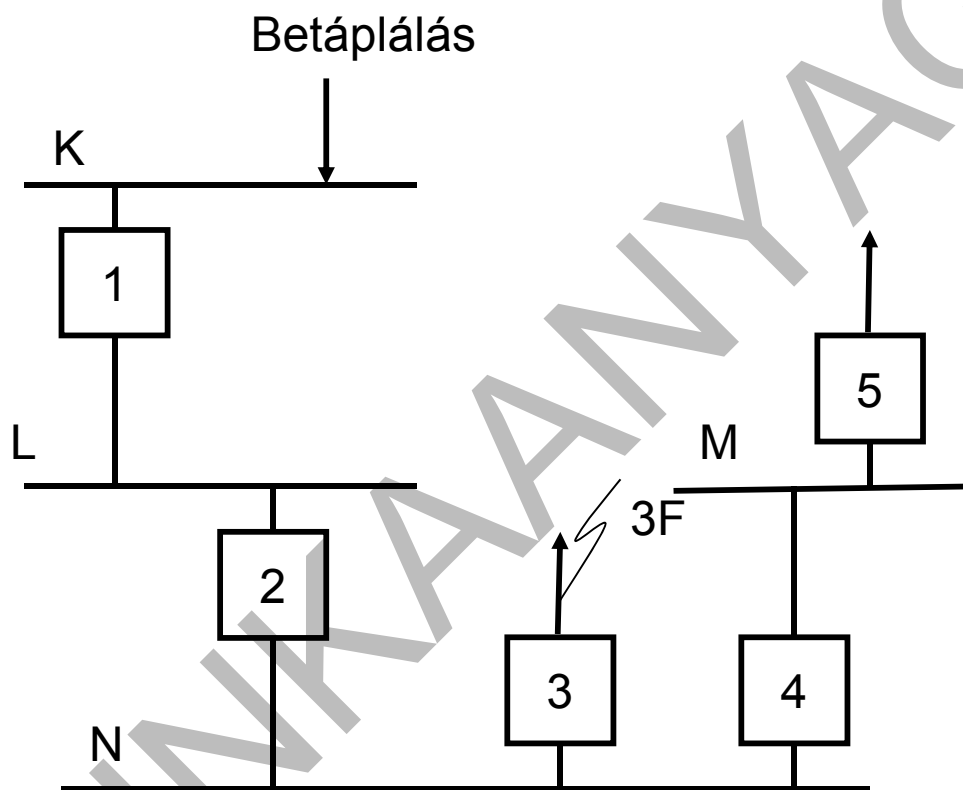


---

6. feladat

Tervezze meg a 12. ábrán látható sugaras hálózat túláram idő védelmeinek időlépcsőzését! Írja be a védelmek rajzjele mellé az időértékeket. A rajzon megjelölt hibára működő védelem sorszámát is írja le!

---



12. ábra. Sugaras hálózat kialakítása

7. feladat

Az áramszelektív érzékelési módot gyakran alkalmazzák távvezetékek tápvonalának védelmére. Írja le, hogy mi az alapja alkalmazhatóságának!

---

---

---

---

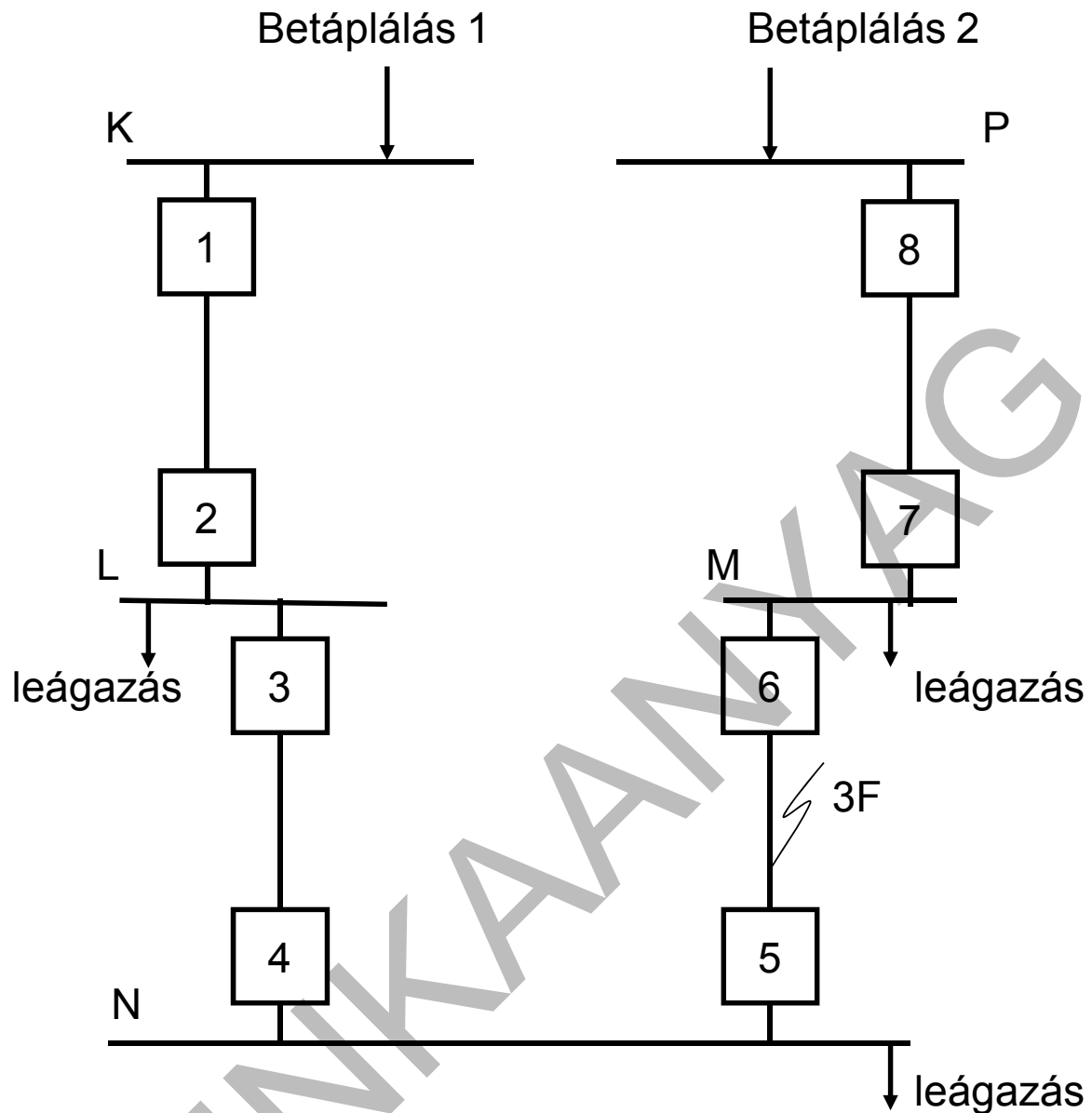
---

---

**8. feladat**

Tervezze meg a 13. ábrán látható két oldalról táplált hálózat irányított túláram idő védelmeinek időlépcsőzését és irányelemeinek kioldási irányát! Írja be a védelmek rajzjele mellé az időértékeket. Rajzolja be a védelmek mellé a kioldási áramirányt jelképező nyilakat.

MUNKANYELVI



13. ábra. Két oldalról táplált hálózat kialakítása

### 9. feladat

A nagy értékű villamos berendezéseket a zárlatok káros mechanikai és villamos hatásától meg kell védeni. A megbízható működés érdekében védelmi rendszert alakítanak ki. Írja le, hogy mi a különbség az alapvédelem, a közeli tartalékvédelem és távoli tartalékvédelem (fedővédelem) működésében?


MUNKANYAG

## MEGOLDÁSOK

### 1. feladat

A különbözeti elv lényegében Kirchhoff csomóponti törvényén alapszik. Eszerint a csomópontba befolyó, és az onnan kifolyó áramok eredője nulla. Ha erre alapozva védelmet akarnak kialakítani, akkor a védendő berendezést mindkét oldalán lezárják a be- és kifolyó áramokat érzékelő áramváltókkal. A védett berendezés zavarmentes vagy zárlatos állapotáról a két végén folyó áram összehasonlítása révén egyértelmű információ kapható.

Üzemi viszonyok között, és külső zárlat esetén a védett berendezés két figyelt pontján azonos áram folyik, hibát nem érzékel, ezért nem old le. A védett berendezés (hálózat) zárlata esetén megváltozik a be-, és kifolyó áramok nagysága és iránya, ez hibát jelent, és a védelem lekapcsolja a hibás berendezést.

### 2. feladat

A transzformátor primer és szekunder oldalán eltérő nagyságú áramok folynak az áttétel miatt. Annak érdekében, hogy a védelmi relére a transzformátor mindkét oldaláról azonos nagyságú áram kerüljön, olyan eltérő áttételű áramváltókat alkalmaznak, amelyekkel kiegyenlíthető a transzformátor áttétel okozta hiba.

A transzformátor primer és szekunder oldalán folyó áramok között szögeltérés van az eltérő tekercselési mód miatt. A különbözeti elv alkalmazásához a primer és szekunder oldali áramokat azonos fázisúra kell forgatni. Ezt az áramváltók bekötésével tudjuk megoldani.

A transzformátor bekapcsolási áramlökése csak az egyik oldali áramváltón folyik át. Ez helytelen kioldást okozhat, hiszen ezt a jelenséget a védelem hibának értelmezi. A téves kioldás ellen elektromechanikus relék esetében úgy védekeztek, hogy magasabb áramra állították be a védelmi relé megszólalási áramát. Az elektronikus védelmek a jelalak alapján felismerik a bekapcsoláskor jelentkező felharmonikusokat, és nem adnak kioldást.

### 3. feladat

A beállítási számítások eredménye:

Kioldási áram:

$$\Delta I = (0,2 + \Sigma a) * I_n$$

$$\frac{60}{\frac{200}{5}} = (0,2 + \Sigma a) * 5$$

$$1,5 = 1 + \Sigma a * 5$$

$$\Sigma a = \frac{0,5}{5} = 0,1$$

tehát az a1 jelű nyomókapcsolót kell benyomni a kívánt beállításhoz.

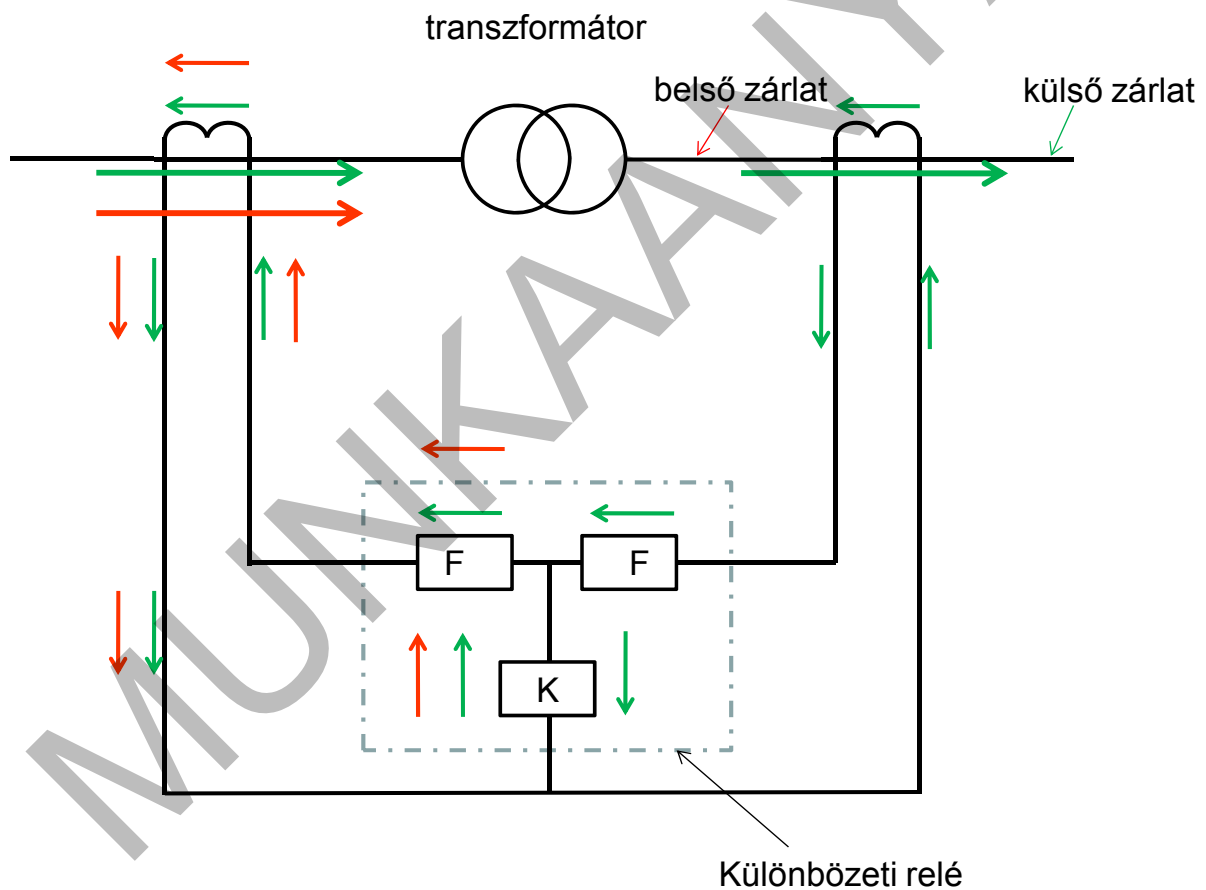
Fékezési áram:  $I_f = 20 + \Sigma a$  (%)

$$30 = 20 + \Sigma a$$

$\Sigma a = 10$  tehát az a1 jelű nyomókapcsolót kell benyomni a kívánt beállításhoz.

#### 4. feladat

A megoldást a 14. ábra tartalmazza.



14. ábra. Áramirányok transzformátor zárlatra és hálózati zárlatra

#### 5. feladat

A jó védelem tulajdonságai:

**Szelektivitás:** A hibahelyhez legközelebbi védelem kapcsoljon le. A kiesett hálózati terület minél kisebb legyen.

**Gyorsaság:** A gyors lekapcsolás megvédi a hálózatot, a hálózati berendezéseket a zárlati áram dinamikus és termikus hatásaitól.

**Érzékenység:** A különböző villamos jellegű zavaró körülmények ne befolyásolják a védelem érzékelését.

**Üzembiztonság:** Minden körülmények között meg kell szüntetni a zárlatokat. Ennek érdekében a védelem kivitelezése magas színvonalon történjen, a felszerelt mérőváltók, megszakítók jó állapotúak legyenek. Mindezek mellett gondoskodni kell a védelmi rendszer tagolásáról, az egymást biztosító védelmi működésekről.

**Egyszerűség:** Kevés alkatrész esetén kisebb a meghibásodás valószínűsége is. Minden hibára, minden körülmény figyelembevételével védelmet készíteni lehetetlen. Ésszerű kompromisszumok között a hatásos védelmi tulajdonság, és a nem bonyolult védelmi rendszer követelménye összeegyeztethető.

**Gazdaságosság:** A védett berendezés árának összhangban kell állnia a védelem létesítési, karbantartási költségeivel.

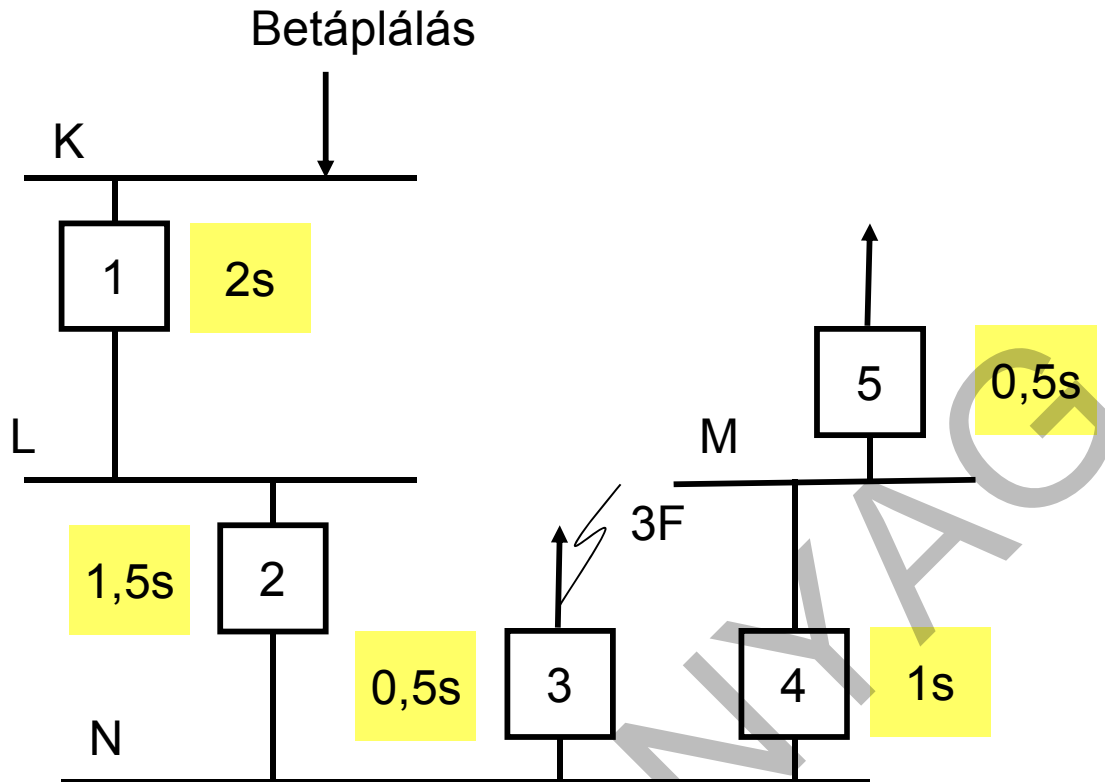
---

### 6. feladat

Az adott hibára a 3. számú védelemnek kell lekapcsolnia.

A megoldást a 15. ábra tartalmazza.





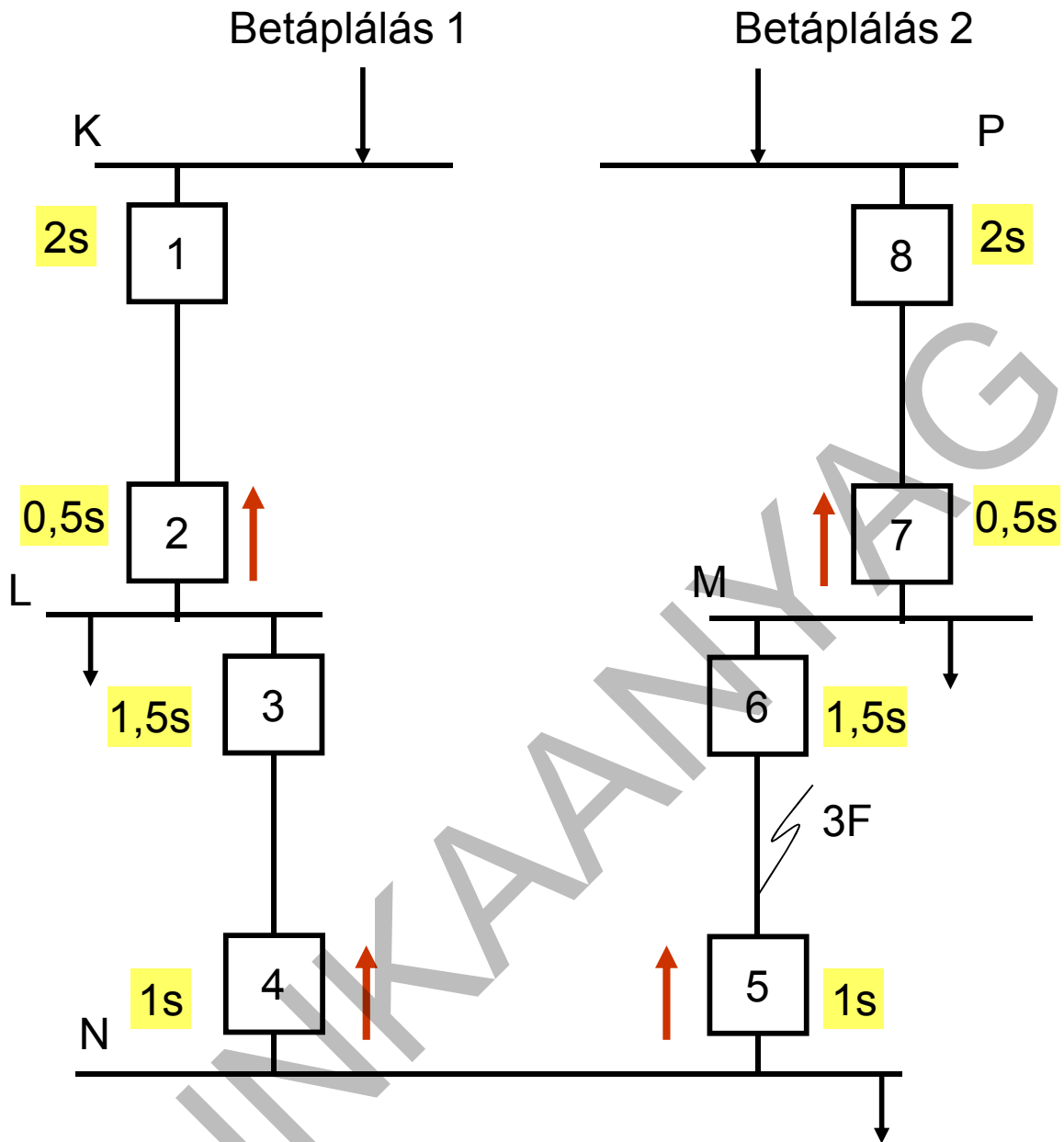
15. ábra. Az elkészített sugaras hálózat időlépcsőzése

### 7. feladat

A táppontból indulva a hálózat impedanciája nő, így a rajtuk kialakuló zárlati áram nagysága a távolság növekedésével csökken. Ezt a törvényszerűséget felhasználva eltérő árambeállítással is megállapítható a zárlat helye. Általában a nagy áramra beállított túláram relé működését nem késleltetik. A kisebb áramértékre beállított túláram reléekkel idő szelektív működés biztosítható. Az így megvalósított áramszelektív védelmek hálózatok, transzformátorok, gyűjtősínek védelmére alkalmazhatók.

### 8. feladat

A megoldást a 16. ábra tartalmazza.



16. ábra. Két oldalról táplált hálózat védelmi rendszere: irányított túláram idő védelem

**9. feladat**

A szelektivitás elve szerint a hibás berendezést, hálózatrészt az alapvédelemnek kell lekapcsolnia. Előfordulhat azonban olyan eset is, amikor az alapvédelem valamilyen okból nem működik. A hibás hálózati elem lekapcsolása nem maradhat el, ezért ilyenkor a tartalékvédelemnek kell működnie. A közeli tartalékvédelem azonos megszakítót kapcsol, mint az alapvédelem, pótolja annak működését. Az alapvédelmi rendszerhez szelektív módon működik, az alapvédelem működését nem előzi meg. A távoli tartalékvédelem (fedővédelem) érzékeli a hibát, és az alapvédelem működésének elmaradása esetén avatkozik be. Ez már nem szelektív működést eredményez, mert más mérőváltókról táplálják, és más megszakítót kapcsol, mint az alapvédelem. Nagyobb terület kiesésével jár a kikapcsolás.

MUNKANYELV

## IRODALOMJEGYZÉK

### FELHASZNÁLT IRODALOM

Horváth Tibor Villamos művek automatikái I. Műszaki Könyvkiadó Bp. 1983

Hatvani György Villamos művek automatikái II. Műszaki Könyvkiadó Bp. 1980

MUNKANYAG

A(z) 0929–06 modul 015–ös szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 522 01 0000 00 00	Erősáramú elektrotechnikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:  
20 óra

MUNKANYELV

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv  
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának  
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap  
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet

1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:

Nagy László főigazgató