

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

Hálózati automatikák

Table of Contents

Hálózati automatikák.....	2
1Eseményvezérlésű transzformátor átkapcsoló automatika (ETRA).....	3
2Állapotvezérlésű transzformátor átkapcsoló automatika. (ÁTRA).....	4
3Vonali tartalék átkapcsoló automatika (VTA).....	4
4Kétlépcsős visszakapcsoló automatika (KVA).....	6
5Visszakapcsoló automatikák a főelosztó- (földelt csillagpontú-) hálózaton	13
6Feszültség szabályozó automatika (ATSZ).....	14
7Ívoldótekeres szabályozó automatika (ISZA).....	18

Hálózati automatikák

Az automatikák feladata a rendellenes üzemállapotok megszüntetése, a hálózat minőségi paramétereinek a biztosítása. Ezek az üzemállapot változások különféle okok miatt következhetnek be, például terhelés változás, távvezeték paraméterek megváltozása, berendezések hibája, vagy védelmek kioldásai.

Az eltérő feladatok miatt két nagy csoportra oszthatók fel az automatikák:

Üzemzavari automatikák:

A hálózaton bekövetkezett meghibásodások, zárlatok háritását a védelmek a hibás berendezés kikapcsolásával háritják. Ennek következménye a fogyasztók kiesése (sugaras hálózaton), vagy az ellátás biztonságának romlása (hurkolt hálózaton). Az üzemzavari automatikák feladata a fogyasztók ellátásának biztosítása, a hálózat biztonsági szintjének visszaállítása.

Az automatikák működését kiváltó ok lehet alállomáson belüli esemény bekövetkezése például védelmi működés. Az eseményről rendelkezésre áll az információ: *esemény vezérlésű*.

Ha a hálózat állapotváltozásának oka nem ismert, pl távvezeték feszültségének kimaradása, akkor *állapotvezérlésű*.

Üzemviteli automatikák:

Az üzemviteli automatikák feladata a hálózat jellemzőinek szabályozása, bizonyos paraméterek meghatározott értéken tartása.

A továbbiakban a villamos hálózatokon alkalmazott legfontosabb, alapvető feladatot ellátó automatikákat tekintjük át.

Üzemzavari automatikák

- Átkapcsoló automatikák (ETRA-ÁTRA, VTA)
- Visszakapcsoló automatikák (KVA, EVA/HVA)

Üzemviteli automatikák

- Feszültségszabályozó automatika (ATSZ, FHA)
- Ívöltő tekercs szabályozó automatika (ISZA)

1Eseményvezérlésű transzformátor átkapcsoló automatika (ETRA)

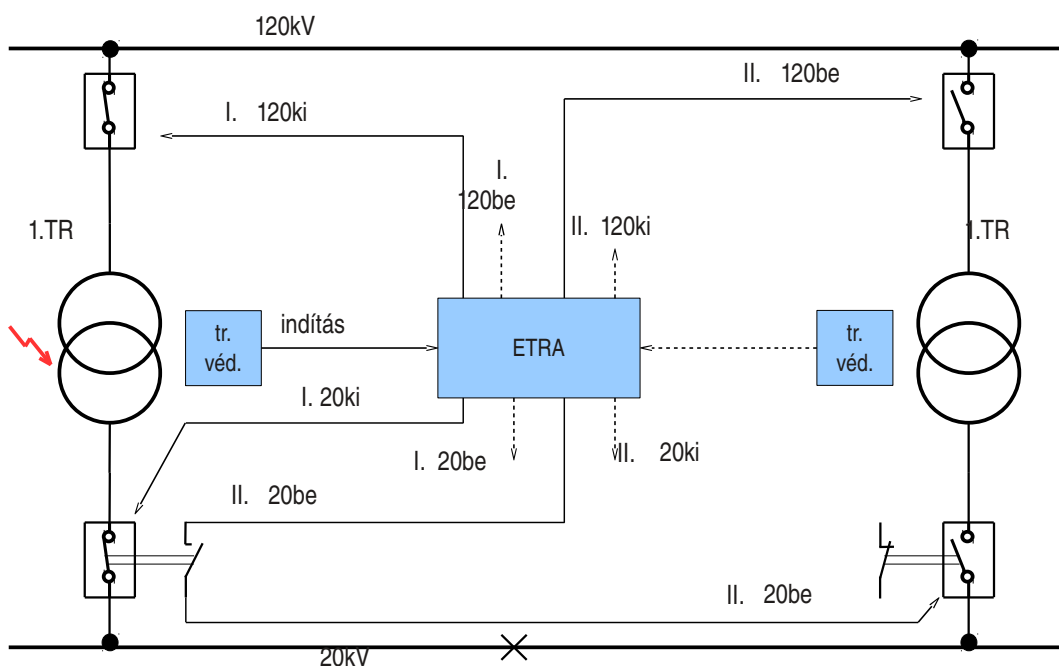
Az ETRA az üzemelő transzformátor meghibásodása (alállomási „esemény”) esetén a tartalék transzformátort kapcsolja be.

Az áttekinthetőség érdekében a rajz csak az 1.TR meghibásodása esetén kiadott parancsokat, és retesz feltételt ábrázolja. A valóságban teljesen szimmetrikus a bekötése, és kiegészül a félsín mentéshez szükséges áramkörökkel is.

A tartalék transzformátor bekapcsolásának feltételei az ábrán követhetők végig.

A transzformátor védelmei a transzformátor megszakítóira adott KI parancssal egyidejűleg indítják az ETRA automatikát.

Az automatika megismétli a KI parancsot, és a tartalék transzformátor primer oldali (120kV-os) megszakítóját bekapcsolja. A tartalék transzformátor középfeszültségű megszakítójára is kiadja a BE parancsot, azonban az csak akkor jut el a megszakítóra, ha a meghibásodott transzformátor megszakítója kikapcsolt. Ezt biztosítja a középfeszültségű megszakítók közötti reteszelés. (A BE parancs a kikapcsolódó megszakító nyitó segédérintkezőjén megy keresztül.) Ha ez nem így történne, akkor előfordulhatna, hogy a tartalék transzformátor bekapcsolásakor a szekunder oldal felől feszültség alá helyezné a meghibásodott transzformátort.



Az automatika „félsín mentésre” is alkalmas. Ha ugyanis mindkét transzformátor üzemel, akkor a középfeszültségű gyűjtősín (hosszanti-) sínbontó megszakítója üzemszerűen kikapcsolt állapotban van, mivel párhuzamosan nem üzemeltetik a transzformátorokat.

Ha ilyenkor a védelmek kikapcsolják a meghibásodott transzformátort, akkor ellátatlan marad a transzformátorhoz tartozó sínfél. Ekkor az automatika a sínbontó megszakítót kapcsolja be. Természetesen csak akkor, ha a hibás transzformátor középfeszültségű megszakítója kikapcsolt. (Ennek megoldását, reteszkörét nem mutatja az ETRA fenti rajza.)

2Állapotvezérlésű transzformátor átkapcsoló automatika. (ÁTRA)

Korábban a *120kV-os hálózaton*, főleg a PI állomások esetén volt létjogosultsága. Önállóan nem ad működtető parancsokat, csak az ETRA indítását végzi. Az ETRA végzi el a szükséges ki-, és bekapcsolásokat, reteszfeltétel ellenőrzéseket.

Az állomáson bekövetkezett kétféle állapotváltozás esetén működik:

- a távvezetéken kimarad a feszültség, vagy
- a transzformátor sántaüzemben van (3Io folyik)

Feszültség kimaradás:

- Ha a transzformátor primer oldalán kimarad a feszültség (távvezeték távoli végének kikapcsolódása miatt, sugaras üzemben), és ugyanekkor a másik távvezetéken rendelkezésre áll az üzemi feszültség, akkor az ép feszültség oldali transzformátort be kell kapcsolni. Ezzel a fogyasztók ellátása biztosítva lesz. A feszültségek érzékelését feszültségrelék végzik.

Sántaüzemi áram:

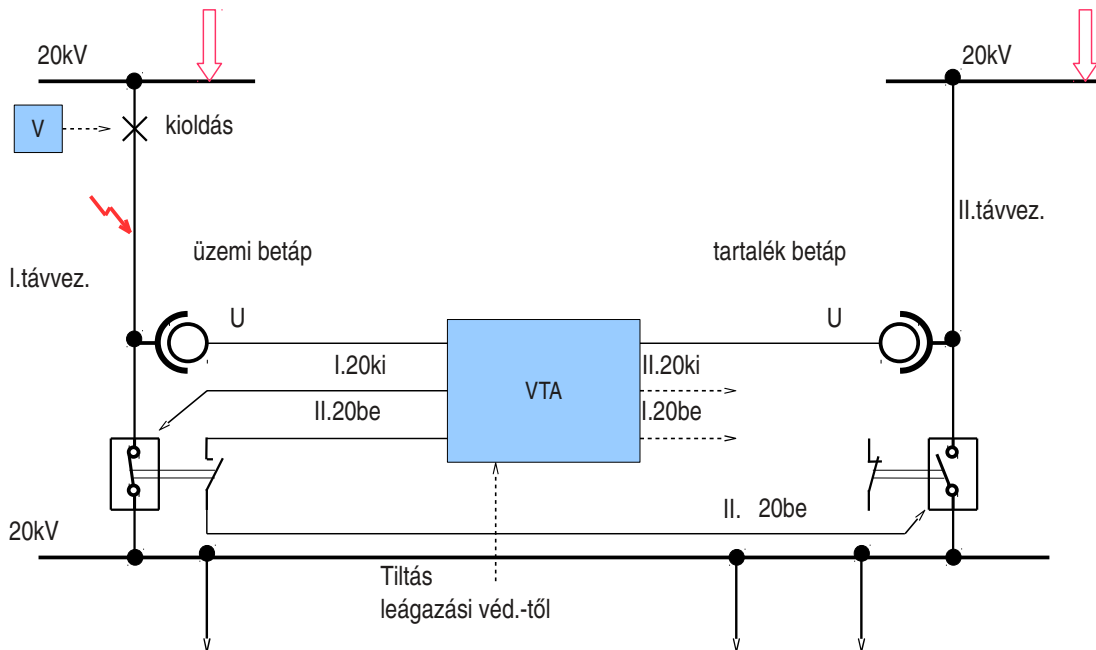
- Ha az üzemelő transzformátor oldali távvezetéken sántaüzem jött létre (maradó 1FN zárlat után), akkor a transzformátoron 3Io áram folyik. Ezt áramrelével érzékelve a sántaüzemű transzformátor kikapcsolható, az ép feszültségű távvezeték oldali transzformátor bekapcsolható. Ezzel megelőzhető a transzformátornak a tartós sántaüzem miatti túlmelegedése.

Az ÁTRA automatika tehát érzékeli a hálózat állapotának változását, és meghatározott késleltetés elteltével indítja az ETRA-t, hogy az a rendellenes állapotban üzemelő transzformátort azonnal kikapcsolja, a tartalék transzformátor pedig bekapcsolja.

3Vonali tartalék átkapcsoló automatika (VTA)

Középfeszültségen, két sugaras távvezetéki betáplálással rendelkező fogyasztónál alkalmazzák. Általában a fogyasztó gyűjtősínjét az egyik távvezeték (üzemi betáplálás) látja

el, a másik távvezeték tartalék.



A rajz egyszerűsítve mutatja az automatika külső kapcsolatait.

Az automatika a távvezeték feszültségét figyeli. Ha az üzemi betáplálás feszültsége megszűnik, és a tartalék betápláláson ép a feszültség, akkor át kell térni a tartalék betáplálásra. Az áttérés tipikus késleltetése 2s, hogy sikeres távvezeteki GVA-t kivárja, és ha a GVA után nem tér vissza a feszültség (sikertelen GVA), térjen át a tartalék betáplálásra.

A késleltetés leteltével először kikapcsolja az üzemi betáplálás megszakítóját, majd ha ez megtörtént, akkor reteszfeltétel teljesülésekor bekapcsolja a tartalék betáplálást, ha ott ép a feszültség.

A feszültség a gyűjtősín zárlata, vagy közeli, leágazási zárlat miatt is letörhet, ekkor viszont nem szabad áttérni a tartalék betáplálásra. Emiatt az automatika tiltást fogad túláramvédelmektől. Ez a tiltás mindaddig fennáll, amíg a feszültség vissza nem tér az üzemi betáplálásra.

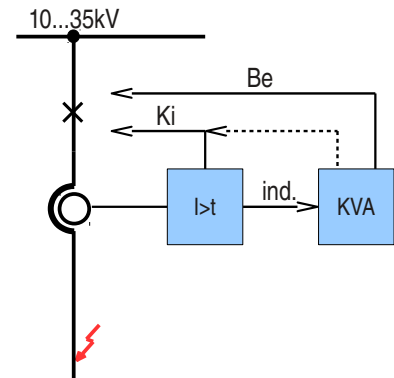
Az automatikán lehetőség van főbetáplálás kijelölésére. Normál esetben a főbetápról üzemel. Ha kimarad a feszültség, akkor átkapcsol a tartalékra. Ha visszatér a feszültség a főbetápra, akkor programozhatóan, - beállítható késleltetés múlva - visszatérhet a főbetápra.

4Kétlépcsős visszkapcsoló automatika (KVA)

Fáziszárlatok

A távvezetéki zárlatok jelentős része múltó jellegű, emiatt célszerű a zárlathárítás után automatikus visszkapcsolással helyreállítani a normál üzemállapotot. A középfeszültségű hálózaton két, eltérő késleltetésű automatikus visszkapcsolást alkalmazunk.

A zárlat megszüntetése a védelmek feladata, a védelmek a kioldással egy időben indítják a visszkapcsoló automatikát. A megszakító bekapcsolását az automatika végzi, az automatika a kioldásokat (a biztonság érdekében) megismétli.



Az első zárlati kioldás után gyors visszkapcsolást (GVA) végez az automatika, ennek holtideje $t_{GVA} = 0,6s$ (rövid holtidő).

Ha a GVA után ismét fellép a zárlat, akkor a védelem másodszor is kikapcsolja a megszakítót, és ismét indítja az automatikát. Az automatika emlékszik ($t_{eml} = 5s$) hogy előzőleg GVA volt, így a másodszori indításra lassú visszkapcsolást (LVA) fog végezni. Az LVA holtideje $t_{LVA} = 60s$ (hosszú holtidő).

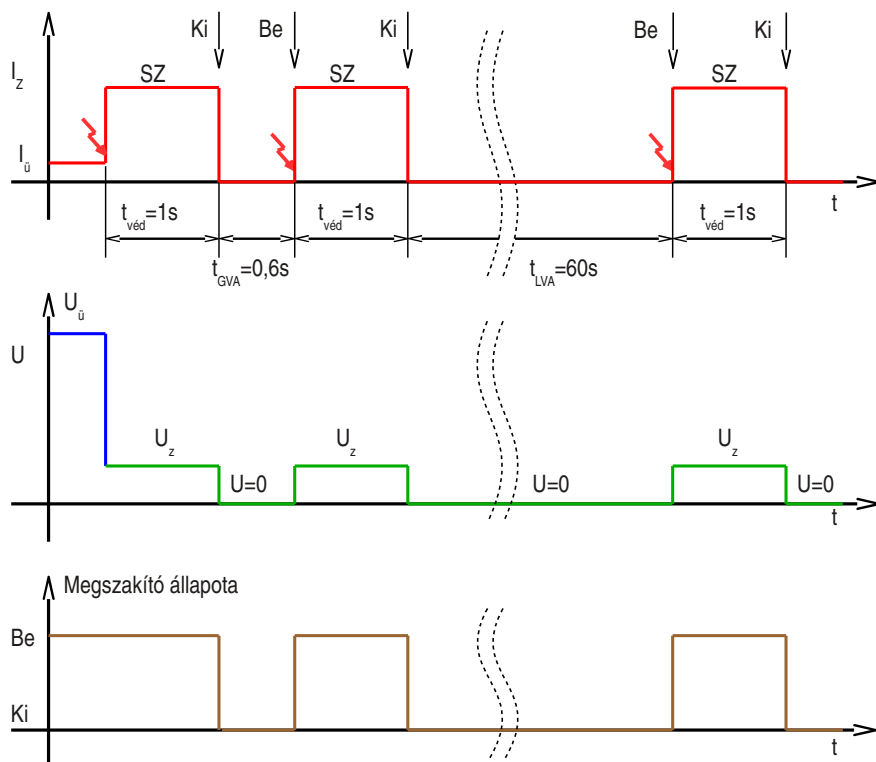
Ha az LVA után újból fellép a zárlat, akkor a védelem megint kikapcsolja a megszakítót. Ezt már nem követi további visszkapcsolás, ezért ez a kioldás végleges („definitív kioldás”).

Az automatikus visszkapcsolások eredményessége 100 zárlatra vonatkoztatva

A középfeszültségű szabadvezetéki zárlatok nagy része múltó jellegű, a visszkapcsolási holtidő alatt a zárlatot kiváltó ok megszűnik: a hibahely de-ionizálódása megtörténik, az okozó madár, gally leesik.

A zárlati statisztikák szerint a GVA eredményessége 73%. Ez azt jelenti, hogy 100 zárlatot követően 73 gyors visszkapcsolás sikeres, és csak 27 esetben lép fel ismét zárlat. Az LVA eredményessége 17%, tehát az LVA-t követően az előbbi 27-ből további 17 esetben lesz sikeres a visszkapcsolás. A sikertelen LVA-k aránya 10%, azaz 100-ból 10 esetben marad a zárlat, és végleges a kioldás.

Az ábra sikertelen GVA és sikertelen LVA folyamatát mutatja. Az „SZ” a védelem szelektív kioldását jelzi, a „Ki” a kioldásokat, a „Be” a beparancsokat.



Automatika üzemmódok:

A védelem és az automatika együttműködésében többféle üzemmód programozható be. Ma már nem különálló védelmet és automatikát alkalmazunk, hanem digitális védelmet, ami – célszerűen – az automatika feladatokat is ellátja. A konstrukciótól függetlenül a funkciók, feltétel ellenőrzések, kapcsolat a védelmekkel lényegében változatlanok.

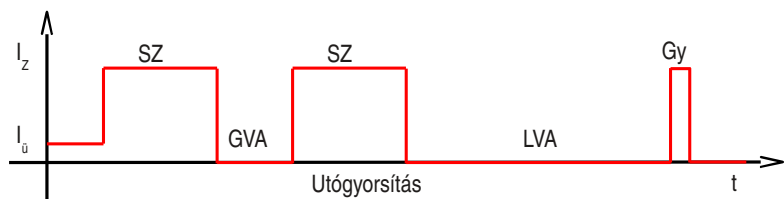
Kioldás gyorsítás:

GVA+LVA programozás esetén, ha marad a zárlat, akkor háromszor lép fel a zárlat. A példa szerinti esetben a védelem késleltetése $t_{\text{véd}} = 1\text{s}$, emiatt a zárlati igénybevétel a szelektív időlépcső (SZ) miatt összességében 3s. (A maradó zárlat miatt: SZ-GVA-SZ-LVA-SZ ciklus játszódik le.) Ezt célszerű csökkenteni. Ennek megoldása az utógyorsítás (U), az előgyorsítás (E), vagy mindkettő együttes alkalmazása.

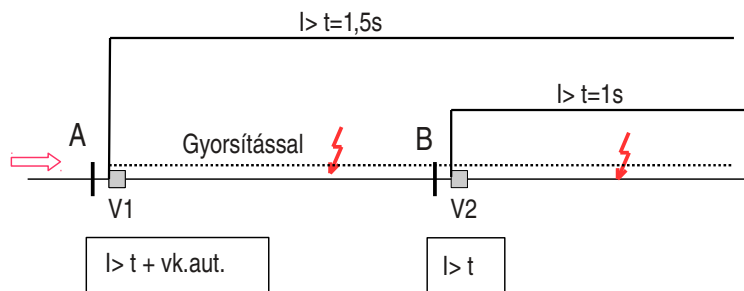
A kioldás gyorsítása érdekében az automatika fogadja a védelemtől érkező ébredés információt, és a feltételek teljesülése esetén az automatika (a védelmet megelőzve) kapcsolja ki a megszakítót. Az elő- és utógyorsításhoz is „tartozik” néhány tizedmásodperces késleltetés, hogy a bekapcsolási áramlökések miatt ne történjen felesleges kioldás.

Utógyorsítás:

Ha az automatika eljut a lassú visszacsatlósáig, és LVA után újból fellép a zárlat, akkor egészen biztosra vehető, hogy harmadszor is ugyanott lépett fel a zárlat, és ugyanaz a védelem és megszakító fog kikapcsolni. Szükségtelen tehát kivárni a védelem késleltetését, a védelem ébredésekor késleltetés nélkül kikapcsolható a megszakító. (SZ-SZ-U ciklus)

*Előgyorsítás:*

Ha az aláosztott sugaras hálózaton csak a táppontban van visszacsatlósó automatika, és az aláosztott vezetékeken nincs, akkor célszerű a tápponti automatikán előgyorsítást használni. Az előgyorsítás azt jelenti, hogy a zárlat első fellépésekor lerövidítjük a kioldási időt, ezzel nemszelektíven a tápponti kioldás megelőzi az aláosztott védelem



A GVA után, ha másodszor is fellép a zárlat, akkor a kioldás már a szelektív lépcsőzésnek megfelelően történik. Tehát a második zárlatnál az aláosztott védelem szelektíven, hamarabb old ki, így a tápponti megszakító bekapcsolva marad. (E-SZ-SZ ciklus)

Esetenként elő- és utógyorsítást is alkalmaznak, ezzel a sikertelen LVA (háromszori zárlat) esetén is kis értéken tartható a zárlati igénybevitel, és a fogyasztók zavarása. (E-SZ-U ciklus)

Földzáratok

A földzáratok érzékelésére leggyakrabban zérussorrendű áramreléket alkalmazunk.

A földzárlat háritás módja függ a csillagpont rögzítési módjától.

A közcélú elosztóhálózaton (35, 20, 10kV) ellenálláson keresztül földelt, vagy induktivitáson keresztül földelt a hálózat csillagpontja.

A 10kV-os hálózat mindig kábeles, a 20 és 35kV-os hálózatok túlnyomórészt szabadvezetékesek.

A középfeszültségű kábelhálózaton mindig ellenálláson keresztül földelt, míg szabadvezetékes hálózaton induktivitáson keresztül földelt a csillagpont.

Mindkét rendszerben alkalmazzuk az automatikus visszakapcsolást a földzárlatvédelmek kioldása után. Az automatika üzemmódok némileg eltérnek a zárlatvédelmeknél alkalmazottaktól.

Ellenálláson keresztül földelt („hosszúföldelt-”) hálózat

Általában 10kV-os és 20kV-os kábelhálózaton, illetve regionális 35kV-os hálózatokon alkalmazzák.

A földzárlatvédelem működéséhez szükséges $3I_0=100A-200A$ nagyságú áramot a csillagpontba helyezett HosszúFöld Ellenállás (HFE) biztosítja.

Kábelhálózaton gyors visszakapcsolást nem alkalmaznak, csak lassú visszakapcsolást (LVA). A tapasztalatok szerint ugyanis a GVA holtidő nem elegendő a kábel szigetelésének regenerálódásához.

A földzárlat háritás folyamata (SZ-LVA-SZ):

- a földzárlat fellépésekor az $I_0 > t$ védelem szelektív kioldást ad és LVA-t indít
- az automatika LVA holtidő ($t_{LVA}=60s$) után visszakapcsolja a megszakítót
- ha újra fellép a földzárlat, akkor a védelem végleges kioldást ad. Ez lehet szelektív, vagy utógyorsított.

Egyes esetekben ettől eltérő üzemmódok is előfordulnak, például ikerkábeles leágazásoknál 2db LVA-t alkalmaznak a hibás leágazás motoros szakaszolóval történő leválasztására.

Induktivitáson keresztül földelt csillagpontú (kompenzált-) hálózat

Alapvetően a 20kV-os szabadvezetékes hálózaton alkalmazzák.

A Petersen tekercs következtében a földzárlati hibahelyi áram 10-12A alatti, emiatt a földzárlati ív várhatóan magától kialszik.

Amennyiben az üzemviteli szabályok megengedik, úgy földzárlatos üzem tartása van programozva. Ha nem megengedett a földzárlat tartás (pl. tűzveszély miatt aratási időszakban), akkor az automatika ciklusok végén végleges kioldás következik be.

A 20kV-os leágazás földzárlat lefolyása lényegesen eltér a 10kV-os (hosszúföldelt) hálózattól. A földzárlat fellépését $U_0 >$ relé érzékeli, és indítja a földzárlatvédelmi rendszert.

Ívoltás:

A földzárlat fellépésének kezdetétől a Petersen hatása érvényesül, a kis értékű (max 10-12A) induktív áram miatt az ív az esetek nagy részében 2s alatt kialszik, tehát nem kell megszakítót kikapcsolni. Ha a földzárlat megszűnt, az U_0 relé visszaesik; „múló földzárlat”.

Ha nem alszik ki az ív, akkor a megszakítót ki kell kapcsolni.

A földzárlatos leágazás $I_0 > t$ védelmének a biztos megszólalásához a leágazás (a hibahely) áramát meg kell növelni 100-200A-re. A földzárlatos leágazásnak és a hibahelynek az áramát a csillagpontban elhelyezett FÁNOE (Földzárlati Áramnövelő Ellenállás) bekapcsolása növeli meg.

A földzárlat bekövetkeztét $U_0 >$ relé érzékeli. Az ellenállást az $U_0 >$ relé $t=2s$ elteltével kapcsolja be. (Ezt a feladatot a FÁVA: Földzárlati Áramnövelő ellenállás Vezérlő Automatika látja el.) Ettől kezdve a hálózat ellenálláson keresztül földeltté válik, így a földzárlat háritása az ellenálláson keresztül földelt csillagpontú hálózatnál megismert módon történik.

A földzárlat háritás folyamata (Petersen-SZ-GVA-SZ-LVA-SZ programozás esetén):

- A földzárlat fellépésekor a Petersen kioltja a földzárlati ívet: múltó földzárlat.
- Ha a földzárlat 2s alatt nem szűnik meg, akkor a FÁNOE bekapcsolódik, és a földzárlati áram 100-200A-re nő meg.
- A 100-200A földzárlati áramot az $I_0 > t$ védelmi rendszer érzékeli, és a szelektív időlépcső elteltével kikapcsolja a földzárlatos leágazást. (1. kioldás) A védelem KVA-t indít.
- Az automatika a GVA holtidő elteltével visszakapcsolja a megszakítót. ($t_{GVA}=0,6s$)
- A visszakapcsoláskor a FÁNOE még mindig be van kapcsolva (FÁVA emlékezési idő $t_{eml}=5s$), tehát ha továbbra is fennáll a földzárlat, akkor azonnal megindul a növelt földzárlati áram. Így tehát az $I_0 > t$ védelmi rendszer azonnal érzékeli a földzárlatot, és elvégzi a szelektív kioldást. (2. kioldás)
- Az automatikában a 2. kioldás hatására lassú visszakapcsolás (LVA) indul. A 60s holtidő eltelte után visszakapcsolja a megszakítót az automatika.
- Ha az LVA után ismét fellép a földzárlat, akkor (az időközben kikapcsolódott FÁNOE miatt) nincs áramnövelés, de az $U_0 >$ relé meghúzza, jelezve, hogy továbbra is fennáll a földzárlat.
- Az LVA utáni földzárlat esetén $U_0 >$ ismét meghúzza. Az automatika beállítása, programozása alapján több eset lehetséges. Ha földzárlat tartásos üzem van, akkor viszi a földzárlatot, nem engedi a FÁNOE-t bekapcsolni („FÁVA tiltás” jön létre). Ha tiltott a földzárlat vitele, akkor vagy U_0 -ról (utógyorsított) végleges kioldást ad, vagy (aláosztott védelmek esetén) újból bekapcsolja a FÁNOE-t, hogy az $I_0 > t$ védelmi rendszer működőképes legyen, és működjön a szelektív végleges kioldást adhasson.

A tényleges földzárlatvédelmi rendszer az előbbiektől összetettebb, mivel a működését össze kell hangolni a Transzformátor (és a gyűjtősín) Földzárlati és leágazási Fedővédelmi Automatika üzemmódjával. (TFFA)

Az alállomás 20kV-os leágazásainak az automatikái és a transzformátor földzárlatvédelmei – a klasszikus megoldás szerint – körvezetékeken keresztül adnak jelzéseket, tiltásokat egymás részére.

A korszerű digitális védelmek, automatikák esetében az egymás közötti kommunikációt optikai jelátvitel biztosítja.

Irányított földzárlatvédelem alkalmazása

Hurkolt hálózaton, illetve körvezetéken egy földzárlati hibahely felé két vagy több irányból is folyhat földzárlati áram.

Mivel az áram nagyságával – kivételes esetektől eltekintve – nem dönthető el, hogy a hibahely a védelem előtt, vagy mögött van-e, ezért a szelektív működés érdekében a zárlati áram irányát is figyelni kell. Ez lehetővé teszi, hogy a védelem előtt, vagy mögött fellépő földzárlatra eltérő (a szelektivitás igényének megfelelő) késleltetés legyen beállítva.

A földzárlati energiáirány érzékelése az U_0 és az I_0 irányának összehasonlításával történik. A földzárlati viszonyoknak (fázisszögnek-) megfelelően erre a célra különböző fázisszögű irányreléket alkalmaznak.

Kiterjedt, sugaras kábelhálózatokon is szükség lehet a zérussorrendű áramrelék irányítására. Ha egy kábel földzárlatára egy másik kábel olyan nagy kapacitív áramot táplál vissza a gyűjtősínen keresztül, mint a saját leágazási földzárlati áram, akkor az áramrelé nem tudja eldönteni, hogy melyik a saját- és melyik az idegen vezetéki földzárlat.

Az ilyen „Szimpátia működés” miatti téves kioldás csak úgy akadályozható meg, hogy a földzárlatvédelmet irányrelével egészítjük ki, ami csak a saját leágazás irányában folyó földzárlati áram esetén engedi a kioldani a földzárlatvédelmet.

Egyes esetekben, például párhuzamos kábelek esetén - a szelektív földzárlatvédelem biztosítására - zérussorrendű szakaszvédelem alkalmazása is szükségessé válhat.

A programozás üzemviteli szempontjai:

- Kábelhálózaton általában csak LVA-t (és ezt követően végleges kioldást) használnak, mivel a kábelben a hibahely regenerálódásához a tapasztalatok szerint a GVA ideje kevés.
- Szabadvezetéki hálózaton gyors és lassú visszkapcsolást is alkalmaznak. (GVA + LVA)
- Földzárlatra GVA + LVA a szokásos üzemmód. A kompenzált hálózaton földzárlat tartás van, azaz az LVA után, maradó földzárlat esetén nincs kioldás. Bizonyos területeken, illetve meghatározott évszakokban, amikor tiltott a földzárlatos üzem, akkor az LVA-t követően végleges kioldás történik.

A kétlépcsős visszkapcsolást a középvezetési hurkolt hálózaton, távolsági védelem mellett is alkalmazzuk. Ekkor a kioldás gyorsítást a túlfedés vezérlésével valósítják meg.

Követelmény a megszakítóval szemben:

Az automatikus visszkapcsolás feltétele, hogy a megszakító alkalmas legyen erre, ugyanis a megszakító hajtásában (általában) rúgóerő biztosítja a be- és kikapcsoláshoz szükséges mechanikai energiát. Egyrészt a rúgókat motor húzza fel, ehhez pedig időre van szükség. Másrészt a zárlati igénybevétel után a megszakítónak regenerálnia kell, alkalmasnak kell lennie a zárlati áram ismételt megszakítására.

A megszakítók specifikációjában mindig szerepel, hogy milyen visszakapcsolásokra alkalmas, például:

O-0,3s-CO-15s-CO

C: megszakító bekapcsolt (Closed, zárt)

O: megszakító kikapcsolt (Opened, nyitott)

Az előbbi specifikáció azt jelenti, hogy a megszakító és a hajtása GVA+LVA funkcióra alkalmas. Zárlati kikapcsolás (O-) után leghamarabb 0,3s múlva bekapcsolható. Ha bekapcsoláskor (C) újból fellép a zárlat, akkor azonnal kikapcsolható (O-), és ezt követően leghamarabb 15s után kapcsolható be (-C), ami után újból kioldás (O) következhet.

5Visszakapcsoló automatikák a földelt csillagpontú főelosztó hálózaton

(EVA/HVA holtidő szétválasztó, HSZA)

(Holtidő elválasztó és lassú visszakapcsoló automatika, HELVA)

Gyors visszakapcsolás:

A 120kV-os hálózaton az egyfázisú kikapcsolások (sántaüzem) miatt kétféle rövid holtidőt alkalmaznak.

2F és 3F zárlatok esetén a kioldás mindig 3sarkú. Ekkor a háromfázisú visszakapcsolási holtidő (HVA) általában $t_{HVA} = 0,8s$

1FN zárlathárítás után sántaüzem jön létre, és amint ismeretes, ez a fogyasztók ellátását nem zavarja. Emiatt az egyfázisú kioldás után $t_{EVA} = 1,6s$ egyfázisú visszakapcsolást (EVA) alkalmaznak.

Lassú visszakapcsolás:

Korábban a 120kV-on, az előbbieket szerinti EVA/HVA mellett LVA funkciót (lassú visszakapcsolást, $t_{LVA} = 60s$) is alkalmaztak. Ma már ritkán alkalmazzák, mert a telemechanika biztosítja az üzemirányítók részére a – távolról történő – próbakapcsolást a kioldások után. A tapasztalatok szerint a hurkolt 120kV-os hálózaton hálózaton nem sok üzemeltetési előnye volt az automatikák által végzett LVA-nak.

Együtműködés a védelmekkel:

A 120kV-os hálózaton alkalmazott mai komplex védelmek többféle érzékelési elvet, és automatika funkciókat is tartalmaznak egy készüléken belül.

Az egyfázisú hajtással rendelkező megszakítók, és fázisszelektív kioldású védelmek esetén az automatikák üzemmódjának a megválasztásával (programozásával) beállítható, hogy például 1FN esetén az első kioldás egyfázisú legyen, a végleges kioldás pedig 3fázisú. Távolági védelmeknél az automatika vezérli a túlfedést.

Speciális esetekben, például a túlfedést követő visszakapcsolási holtidők eltérő hosszúságú beállításával a hálózat (fogyasztók) zavarását csökkenteni lehet: megvárja, amíg az érintett vezeték védelme (rövidebb GVA-val) tisztázza a zárlatot, és csak utána kapcsol vissza a járulékos kikapcsolást végző védelem-automatika.

A visszakapcsolási holtidők hosszúsága az erőművek stabilitását is befolyásolja. A fogyasztókkal szigetüzemben maradó generátorok terhelési szög változása annál kisebb, minél rövidebb időre szakad meg a kapcsolata a hálózattal, így nagyobb az esély, hogy a visszakapcsolás eredményes lesz. (Bár ez számítható, de erőművek körzetében nem szokás automatikus visszakapcsolást alkalmazni.)

Esetenként (rövid távvezetéken) a visszakapcsolás feltétele, hogy a vezeték túloldali végének a sikeres visszakapcsolása után visszatérő feszültség „engedélyezi” a visszakapcsolást. Ezzel maradó zárlat esetén csak az egyik oldal felől van rákapcsolás a zárlatra.

6 Feszültség szabályozó automatika (ATSZ)

Mint a többi automatikánál, a feszültség szabályozó automatika tárgyalásánál is a működésének a lényegét tekintjük át.

A hálózaton, a fogyasztóknál a szabványos nagyságú feszültséget kell biztosítani.

A távvezetéseken, transzformátorokon a terhelő áram változása miatt változó nagyságú feszültségesés jön létre. Emiatt a fogyasztónál – amikor legnagyobb a terhelő áram -, akkor lesz a legalacsonyabb a feszültség. A fogyasztónál ekkor is biztosítani kell a szabvány által előírt legkisebb feszültséget. Hasonlóképpen a feszültség nem lépheti túl a szabvány által előírt legnagyobb értéket sem.

A közcélú hálózaton a feszültséget a transzformátorok áttételének megváltoztatásával változtatják meg. Ha alacsony a feszültség, akkor a transzformátor áttételét csökkentik, ezzel ugyanakkora primer feszültség esetén magasabb szekunder feszültséget fog szolgáltatni. („Fel”-szabályozás.)

Ha a fogyasztó terhelése csökken, akkor a feszültségesések is kisebbek lesznek. A kevésbé terhelt hálózaton magasabb a feszültség, ezzel a transzformátor primer kapcsaira jutó feszültség is magasabb. Ez a szekunder oldali feszültséget is megemeli. (A transzformátor feszültségesésének csökkenése miatt a primertől nagyobb mértékben nagyobb mértékben nő a szekunder feszültség.)

A közcélú hálózaton alkalmazott feszültség szabályozás:

Közép/kisfeszültségű transzformátorok

A közép/kisfeszültségű transzformátorokon a névleges áttétel, és ezzel a névleges szekunder feszültség $\pm 5\%$ -kal változtatható meg. Így a névleges szekunder feszültség értéke U_n , $U_n - 5\%$, $U_n + 5\%$ lehet. Ezt beállítani csak kikapcsolt állapotban, a transzformátor kivezetéseinek átszerelésével („átkötésével”) lehet. Ezt előre tervezett módon, a transzformátorok üzembehelyezésekor, vagy a hálózat tartós megváltozásakor végzik el.

Nagy/középfeszültségű transzformátorok

A nagy/középfeszültségű transzformátorok névleges szekunder feszültsége $U_n \pm 15\%$ lehet. Ez a szabályozási tartomány általában 27 fokozatra van felosztva (középállás: U_n , felfelé: 12, lefelé: 12 fokozat). Ebből adódik, hogy egy fokozattal az alábbi %-os értékkel változtatható meg a feszültség:

$$\Delta U_{\text{fokozat}} = \frac{30}{27-1} = 1,15\%$$

A fokozatok közötti átkapcsolást motoros átkapcsoló szerkezet végzi. Tekintettel arra, hogy üzem közben kell az átkapcsolást végezni (a tekercs kivezetéseket nem szabad rövidre zárni, de a terhelő áramot megszakítani sem), ezért speciális kialakítású átkapcsolót, és vezérlést használnak.

A feszültség szabályozás jellemzői

ATSZ: Automatikus transzformátor szabályozó automatika

A feszültségszabályozó automatika a gyűjtősín feszültségét feszültségváltóról érzékeli, terhelő áramként pedig a transzformátor szekunder oldali (eredő-) terhelő áramát kapja.

Az automatikus feszültség szabályozás elve, hogy a terhelő áram növekedésekor növeljük, a terhelő áram csökkenésekor csökkentjük a táppont feszültségét („áram kompaundálás”).

A terhelő áram hatása

A feszültségek nagysága szempontjából a leghosszabb, és legnagyobb terhelés ingadozású vezeték a kritikus.

Ha a vezeték terheletlen, akkor – célszerűen – névleges feszültséget kell tartani a gyűjtősínen. ($I=0$, kék egyenes mutatja) Ekkor a hálózaton, és így a fogyasztóknál is névleges értékű lesz a feszültség.

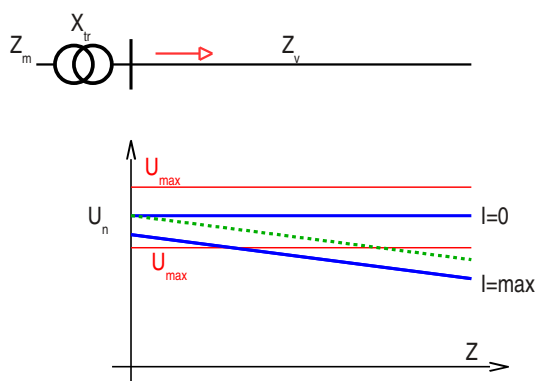
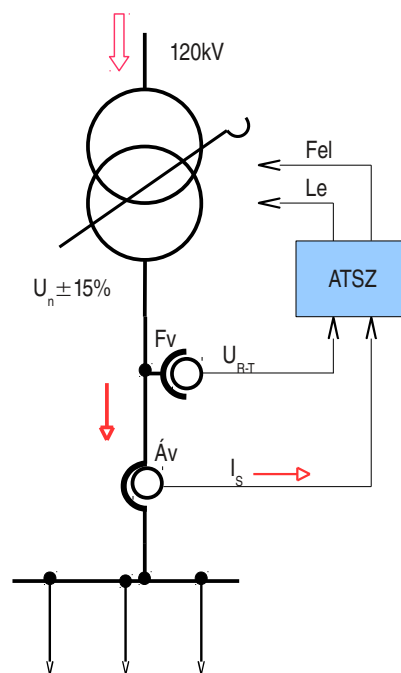
Ha növekszik az áram, akkor a gyűjtősín feszültsége csökken a mögöttes hálózat és a transzformátor reaktanciája miatt.

A távvezeték induló feszültsége alacsonyabb lesz, ezt tovább csökkenti a vezeték mentén fellépő feszültesesés. Ennek következménye, hogy a vezeték végén a megengedett érték alá csökken a feszültség. ($I=\max$, csökkenő, ferde egyenes)

Ha az automatika a gyűjtősín feszültségét tartja állandó (névleges-) értéken, akkor felszabályozza a transzformátort, amíg a gyűjtősín feszültsége U_n -t eléri. Ennek hatására a vezeték minden pontján magasabb lesz a feszültség, azonban a vezetékek végén továbbra is szabvány alatti marad. Ezt az esetet mutatja a szaggatott (zöld) vonal.

A szabványos sávban lehetőség van a gyűjtősín feszültségének a növelésére, egészen maximum értékig. A megoldás tehát az, hogy a terhelő áram esetén a gyűjtősín feszültségét megnöveljük.

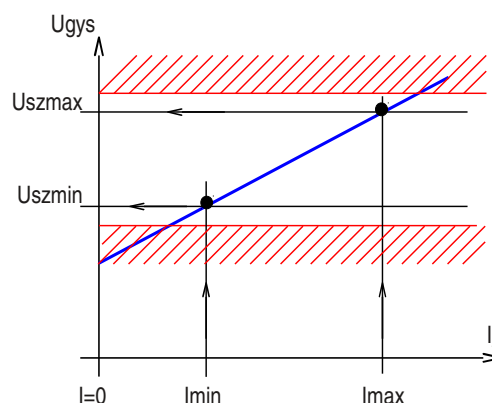
Az automatika a feszültséget egy alapjellel hasonlítja össze, és eltérés esetén fel-, vagy leszabályozási parancsot ad ki. Ha az alapjelet az árammal arányosan növeljük, akkor nagyobb áram esetén a névleges értéktől magasabb értékre szabályozza fel a gyűjtősín feszültségét. Az áram csökkenésekor arányosan csökkenti a gyűjtősín feszültségét. Ezt az áram kompaundálással érjük el.



Az automatika a mellékelt ábra szerinti kék vonal mentén változtatja a feszültséget a terhelő áram függvényében.

Az áram kompaundálás mértéke elméletileg úgy állítandó be, hogy a hálózat súlypontjában tartson állandó(!) feszültséget az automatika.

A valóságos hálózaton a terhelő áram I_{\min} és I_{\max} között változik. Ehhez hozzárendelhető a gyűjtősín minimális és maximális szabályozási feszültsége. Ezek a kiinduló paraméterek az automatika beállításához.



Az automatika működésének különlegességei:

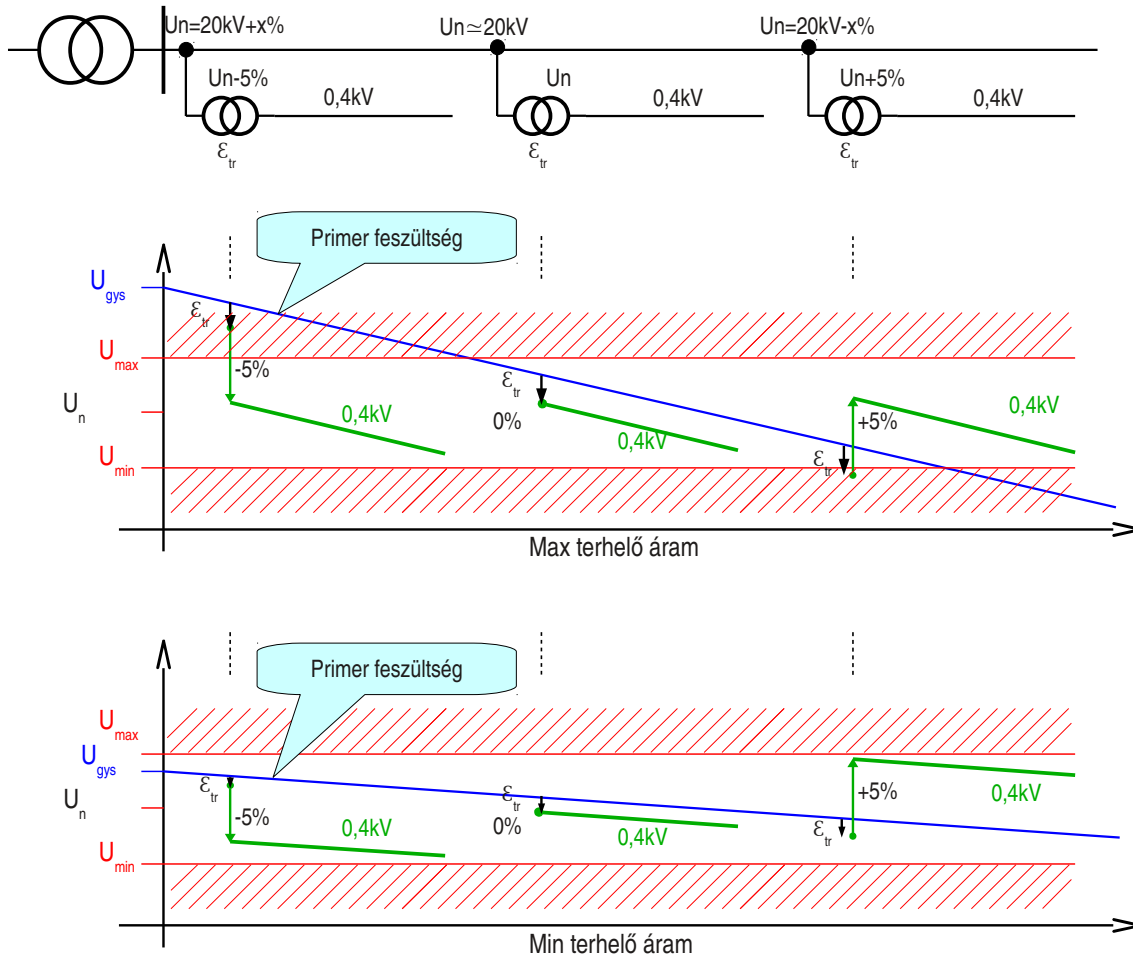
- Mivel a fokozatkapcsoló $\Delta U_{\text{fokozat}}$ lépésekkel változtatja meg a feszültséget, ezért az automatikának megfelelő nagyságú holtávval kell rendelkeznie. Ennek eredményeképpen a fel-, és leszabályozás nem ugyanannál a feszültségnél következik be.
- A hálózaton a terhelő áram, és a feszültség véletlenszerűen ingadozik, emiatt csak a szabályozási igény tartós fennállása esetén adható ki a szabályozási parancs: késleltetni kell a kiadását.
- A kiadott parancsokat reteszelni kell egymáshoz, illetve amíg működik a hajtás, addig az ellentétes irányú parancs kiadását meg kell akadályozni.
- A klasszikus (elektronikus) feszültségszabályozó automatika az U_{RS} vonali feszültséget és az I_s fázisáramot fogadja. Az áramot egy ellenállással feszültséggé alakítja, így a két mennyiség *vektoriális* összegét képezi. (Egyes automatikák az abszolút értékeket adják össze.)
Ez azért alakult ki így, mert ezzel érhető el, hogy kb. 30°-os induktív áram esetén a legnagyobb a két vektor összege, ezáltal az üzemszerűen előforduló induktív jellegű áram okozza a legnagyobb alapjel növekedést, így ekkor a leghatékonyabb az áram kompaundálás.
- Az automatika akkor is beavatkozik, ha a primer (120kV-os) hálózat feszültsége megváltozik. Ekkor addig szabályoz, amíg a terhelő áramnak megfelelő feszültséget be nem állítja a középfeszültségű sínen.
- Az automatika lineáris szabályozási karakterisztikáját határolással is ellátják (korábban ezt önálló, feszültség határoló automatika: FHA végezte), hogy a feszültség rendellenesen alacsony értékénél ne szabályozzon fel az automatika. (Az alacsony feszültség üzemzavari állapotban, túlterhelődés hatására jöhet létre: ilyenkor a felszabályozással ne növelje a terhelő áramot)

A hálózatokon együttesen kell figyelembe venni a közép/kisfeszültségű transzformátorok megcsapolással történő áttétel beállítását, és a nagy/középfeszültségű transzformátorok automatikával történő feszültség szabályozását.

Az alábbiakban látható, hogy a középfeszültségű vezetékről üzemelő transzformátorokat milyen megcsapolással (áttétellel) alkalmazzák, és hogyan változik a feszültség profil a

középfeszültségű és a kiefeszültségű vezetékek mentén.

Az első feszültség profil a maximális terhelésre, a második feszültség profil a minimális terhelő áramokra vonatkozik.



A kék vonal a középfeszültségű vezeték mentén, a tápponttól csökkenő feszültségeket mutatja. Erre csatlakoznak a fogyasztókat ellátó közép/kiefeszültségű transzformátorok.

Ez utóbbiak áttételét úgy kell megválasztani, hogy a tápponthoz közel csökkentsék (-5%), a vezeték vége felé pedig növeljék ($+5\%$) a feszültséget.

Ha azonosak lennének az áttételek, akkor terhelt állapotban, a kék vonalat követve a táppont közelében túl magas, a vezeték végén túl alacsony lenne a feszültség.

A kiefeszültségű hálózaton is jelentkezik a terhelő áramtól függő feszültség csökkenés. (zöld vonalak)

A transzformátorok dropja miatt is esik a feszültség, szintén a terhelő árammal arányosan.

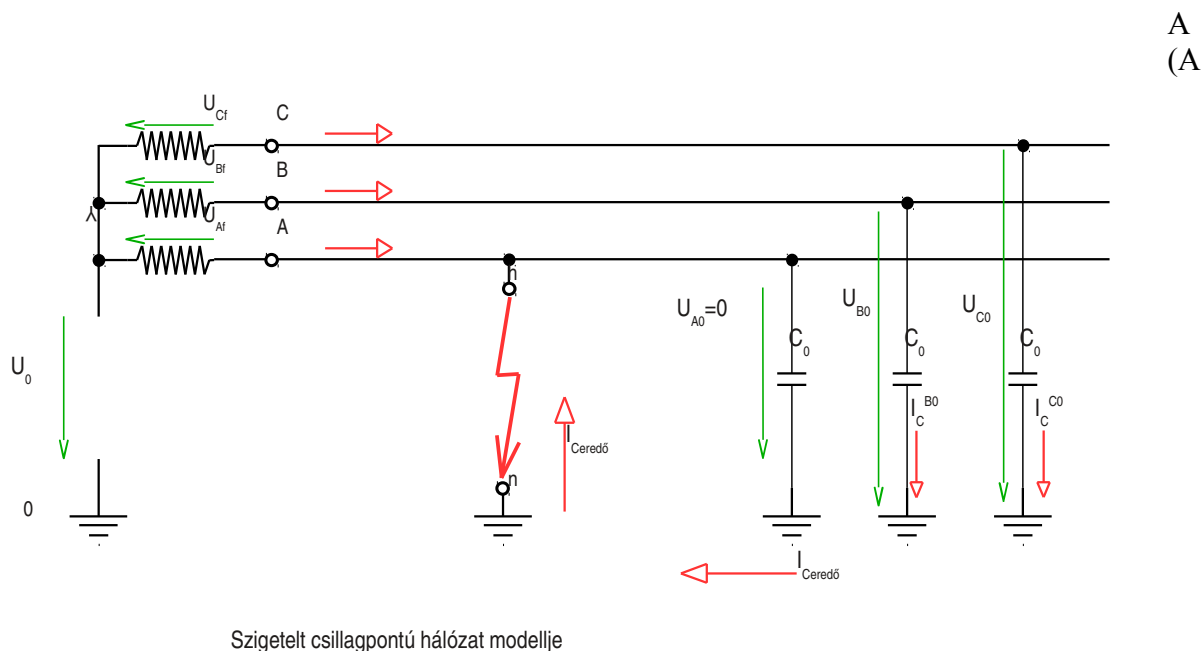
Az is látható, hogy a táppontban a gyűjtősín feszültségét jelentősen meg kell emelni, hogy a kiefeszültségen a szabványos értékek közé essenek a feszültségek.

7Ívöltótekerics szabályozó automatika (ISZA)

Feladata: kompenzált hálózaton a Petersen tekerics szabályozásával a távvezeték kapacitása miatt fellépő kapacitív földzárlati (hibahelyi-) áramot lecsökkenteni kis értékű induktív áramra. Ennek eredménye:

- a kis áram miatt magától kialszik az ív
- megakadályozza a kapacitív ívelő földzárlat kialakulását
- csökkenti a hibahelyi potenciál emelkedés miatti áramütés kockázatát
- a hálózat kapacitásának változását automatikusan követi

Földzárlatok kompenzált hálózaton



A hálózatot tápláló transzformátor csillagpontja szigetelt, a távvezetéknek a fázis-föld kapacitásait vesszük figyelembe. A földzárlatot az „A” fázisban feltételezzük.

A szigetelők párhuzamos, levezetési ellenállását, a vezetékek és a transzformátor ohmos ellenállását elhanyagolhatjuk.

A vektorábrán az A fázis földpotenciáljon van, ezt a földelés szimbólum jelzi. A csillagpont potenciálja eltolódik a létrejövő U_0 vektor értékével. A „B” és „C” fázisvezetők feszültsége: U_{B0} és U_{C0} fázisfeszültségek vonali értékre növekednek, a transzformátor csillagpontja fázisfeszültségre (U_0) kerül.

A „B” fázisban folyó áram nagysága:

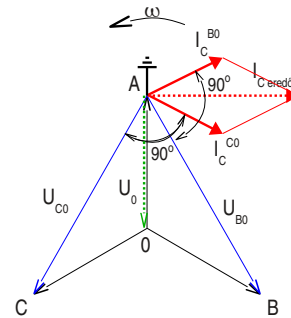
$$I_C^{B0} = \frac{U_v}{X_{C0}} = \frac{\sqrt{3}U_f}{X_{C0}}$$

irány: 90°-ot siet az U_{B0} -hoz képest.
A „B” fázisban folyó áram nagysága:

$$I_C^{C0} = \frac{U_v}{X_{C0}} = \frac{\sqrt{3}U_f}{X_{C0}}$$

irány: 90°-ot siet az U_{C0} -hoz képest.
A két áram eredőjének nagysága:

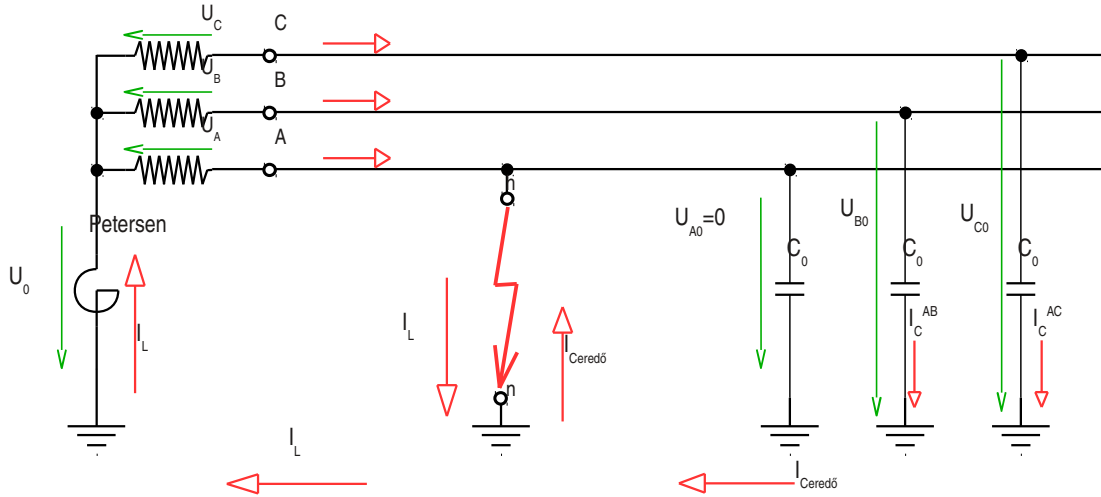
$$I_{Ceredo} = \sqrt{3} I_C^{C0} = 3 \frac{U_f}{X_{C0}}$$



Hibahelyi kapacitív áram földzárlatkor

A két áram eredője I_{Ceredo} kapacitív, és 90°-ot siet az U_0 -hoz ($-U_{A0}$ -hoz) képest.
A hibahelyen, és az „A” fázisvezetőn ez az áram folyik a transzformátor felé.

A szabadvezetékek kapacitív földzárlati árama kb. 5A/100km, a kábeleké 3A/km. Kiterjedt hálózatok esetén a kapacitív földzárlati áram a 100A-t is meghaladhatja. Ez a hibahelyen (pl. oszlop földelésén keresztül) életveszélyes nagyságú feszültséget eredményezhet. A kapacitív jellege miatt pedig ívelő földzárlat alakulhat ki. Ennek következménye a hálózat



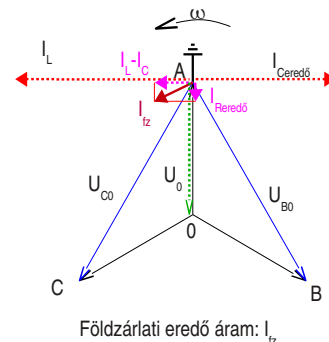
A földzárlati áram kompenzálásának modellje

Ha a hibahelyen a kapacitív földzárlati árammal ellentétes (induktív) áramot hozunk létre, akkor a két áram eredője közel 0 értékre csökkenthető le. Üzemviteli okokból ennek nagy jelentősége van. Amint a vektorábrán látható, az eredő hibahelyi áram: $I_{fz} = I_L - I_C$

Az induktív áramot a csillagpontba helyezett ívöltő tekerccsel (Petersen tekerccs) hozzuk létre. A hálózat átrendezése, védelmi kioldások miatt a hálózat hossza, és ezzel a kapacitása

időnként megváltozik, emiatt az induktivitás értékét is változtatni kell.

Azért, hogy elkerüljék a (kapacitív-) ívelő földzárlatot, kismértékű (5-10%) túlkompenzálást alkalmaznak. Ennek eredményeként a hibahelyen kis értékű induktív áram folyik. Az ív természetes kialakása érdekében minél kisebb áramot állítanak be, érintésvédelmi okok miatt 12A-t nem haladhatja meg a tartós földzárlati áram nagysága.

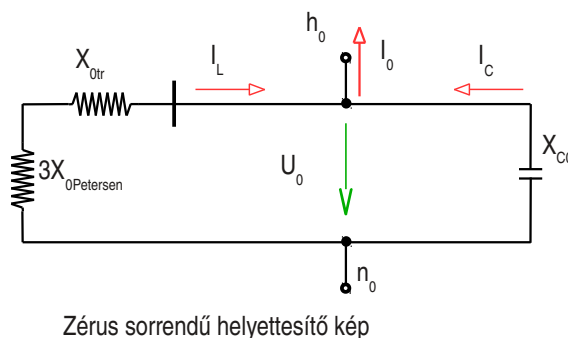


Ha a vezeték levezetési ellenállását is figyelembe vesszük, akkor az ép fázisokban (a megemelkedett fázisfeszültség miatt) a hibahelyen wattos (hatásos-) áram is folyik. A vektorábra is mutatja, hogy a hibahelyen folyó földzárlati áram az $I_m = I_L - I_C$ meddő áram és az I_w hatásos áram vektoriális eredője lesz. Ebből a levezetési áram nem kompenzálható, sőt az időjárási viszonyoktól függ a nagysága (pl. ködös időben a levezetési ellenállás csökken). Ezt a „maradék áram”-ot rendszeresen mérik az alállomásokban.

A földzárlati jelenség magyarázata szimmetrikus összetevőkkel

A fenti modellel számolhatunk. Az egyszerűsítés érdekében a szigetelők levezetési ellenállását elhanyagoljuk.

1FN zárlat esetén a pozitív, negatív és zérus sorrendű hálózat sorba kapcsolódik. A jelenség vizsgálata szempontjából elegendő a zérus sorrendű helyettesítő képet felrajzolni. Ebből látható, hogy az íveltó tekercs (a transzformátor induktivitásával együtt) és a vezetékek földkapacitása párhuzamos rezgőkört alkotnak. Ennek a párhuzamos rezgőkörnek h_0 és n_0 a kivezetései.



Esetünkben a rezonancia azt jelenti, hogy $f_0 = 50\text{Hz}$. Rezonancia esetén az 50Hz-en mért reaktanciákra $X_L = X_C$, és emiatt $I_L = I_C$. A párhuzamos rezgőkör rezonancia frekvenciája:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi * \sqrt{L * C}}$$

Mint ismeretes, a párhuzamos rezgőkörnek rezonancia esetén nagyon nagy az impedanciája, ezért - a zérus sorrendű hálózat nagy impedanciája miatt - nagyon kicsi lesz az 1FN hibahelyi áram, és ezzel a földzárlati áram is.

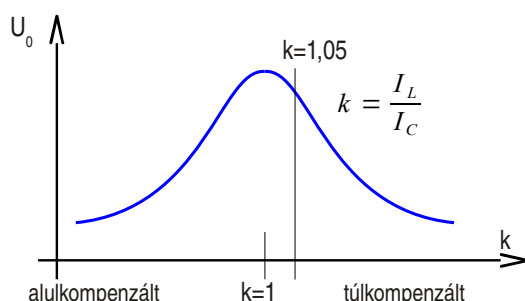
Petersen tekercs nélkül a hibahelyen nagy kapacitív áramok folynak. A Petersen alkalmazásának éppen az a célja, hogy a hibahelyen fellépő (akár 100A-t meghaladó) kapacitív áramokat lecsökkentsse.

Az alállomásokhoz tartozó távvezetékek hossza, és ezzel a kapacitása változó a hálózat átrendezések, üzemzavarok kioldásai miatt. A Petersen tekercs induktivitását tehát változtatni kell.

Az induktivitás értéke helyett a létrehozott induktív áram és a kapacitív áram arányával, a kompenzációs tényezővel $k = \frac{I_L}{I_C}$ jellemezzük a hálózat kompenzációs állapotát. $k = 1$ a rezonancia esetét jelenti. Ha $k > 1$, akkor túlkompenzált a hálózat, és induktív a földzárlati áram.

Fizikailag érdemes végiggondolni az induktivitás változtatásának a hatását.

- Ha a $L = \infty$, akkor szigetelt a csillagpont, így pl. az „A” fázis földzárlatakor a hálózat csillagpontja fázisfeszültségre emelkedik, az ép fázisok pedig vonali feszültségre. ($U_0 = U_f$). Ekkor nagy kapacitív áramok folynak.
- Ha a $L = 0$, akkor mereven földelt a csillagpont, ekkor a csillagpontban $U_0 = 0$. Ekkor nagy zárlati áramok folynak, a zárlati áramot a vezetékek, transzformátorok (soros) induktivitása határozza meg.
- Rezonancia esetén a zérus sorrendű körben kialakuló párhuzamos rezgőkör miatt az U_0 megnő. Ha nem lennének veszteségek (levezetési-, és soros ellenállások), akkor végtelen nagy rezonancia feszültség alakulna ki.



Egy adott kapacitású hálózat esetén az induktivitás változtatásával az U_0 nagysága és fázisszöge változni fog. Ezt használják ki a Petersen tekercset szabályozó automatikák. Az ábra az U_0 nagyságának változását mutatja a kompenzációs függvényében.

Ívöltő tekercs szabályozó automatikák

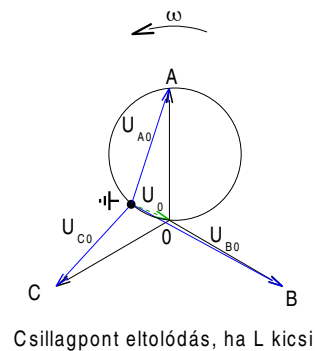
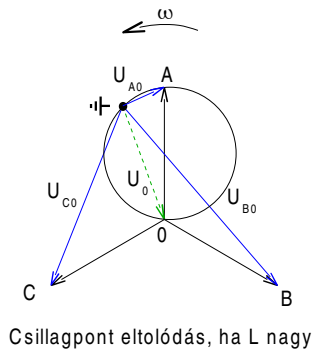
A kezdetektől (Magyarországon) használt ívöltőtekercs szabályozó automatika (ISZA) az „A” fázis és a föld közé bekapcsol egy kb. 2000ohm-os nagyfeszültségű ellenállást (Petersen Hangoló Ellenállás, PHE).

Az így létrejött földzárlat aszimmetriát eredményez a hálózaton. Az U_{A0} és U_{B0} közel vonali nagyságú lesz, a nagyságuk összehasonlításával a kompenzációs mértéke megállapítható.

Az ábrákon az U_0 (szaggatott zöld feszültségvektor) a csillagpont potenciáljának eltolódását mutatja a földhöz (föld szimbólumhoz) képest. Mindkét ábra a nem elegendő induktív áram esetét (alulkompenzált hálózatot) mutatja.

Ha rezonanciára van hangolva a Petersen, akkor az U_0 fázisban van az U_A -val. Ekkor az U_{A0} és U_{B0} nagysága megegyezik egymással.

Ha alul-, vagy túlkompenzált a hálózat, akkor az U_0 vektor elfordul az U_A -hoz képest, emiatt a mért U_{A0} és U_{B0} nagysága nem egyezik meg. A Petersen-t az eltérés előjelétől függően kell felfelé, vagy lefelé szabályozni. A kívánt túlkompenzáltság mértéke egy előre beállított feszültség eltéréssel biztosítható. Természetesen a hajtás (működtetés) időállója, holtávja miatt a szabályozónak is megfelelő holtávval, és késleltetéssel kell rendelkeznie.



Más elvet használó automatikákat is alkalmaznak, így például az U_0 fázishelyzetének egy referencia szöggel történő összehasonlítását, vagy a földzárlati feszültségviszonyokból matematikai úton kiszámított kompenzáltóság értékétől függő szabályozást.

A legújabb automatikákat mikrovezérlővel valósítják meg. Előnyük, hogy hangoló ellenállást nem igényelnek, a hálózaton mindig meglévő (aszimmetria miatti-) U_0 mérésével végzik a hangolást. Az automatika az indulásakor valamelyik irányban elindítja a Petersen hangolását. Ha az U_0 csökken, akkor távolodik a rezonanciától, ha növekszik az U_0 , akkor közeledik a rezonancia ponthoz. A rezonancia ponton történő áthaladással a $k=1$ helye megállapítható, a kívánt túlkompenzáltság ehhez képesti induktivitás csökkentéssel érhető el.

Kimaradtak

- Kodefenzor
- KONDA
- THAK
-

Források, ajánlott irodalom:

Póka Gyula: Villamos energia rendszer védelme és automatikája

Póka Gyula: Védelmek tervezése

Petri Kornél: Numerikus védelmek (BME)

Morva György: Villamosenergia-rendszer védelme, automatikája (KKMF)

Benkó-Hatvani-Póka-Uri-Varga: Villamosmű kezelő

Digitális védelmek leírásai: a gyártók honlapjáról (Protecta, ABB, Siemens, Infoware)