

Zárlati Áramok Korlátozása Elosztó Hálózatokban

Čonka Zsolt, Morva György, Ujlaki Balázs

Óbudai Egyetem Villamosenergetikai Intézet, Bécsi út 96/B, 1034 Budapest

Conka.zsolt@uni-obuda.hu,

morva.gyorgy@uni-obuda.hu,

balazs.ujlaki@energrid.hu

Tartalmi kivonat: A Villamosenergetikai Intézet az ipari együttműködései során számos kutatás-fejlesztési munkákban foglalkozott már korábban is a hazai villamosenergia-rendszer zárlati problémáival. Jelenleg is folyamatosan különböző formában jelen van a az elosztóhálózatok zárlati- és védelmi problémáinak megoldásában. Jelen munkában nemzetközi kitekintést teszünk az elosztóhálózatok zárlati szint kezelésének vonatkozásában, így a 132 kV-os főelosztó, a középfeszültségű 11 és 22 kV-os hálózatok kérdésében és kitekintünk az ipari 0.4 kV-os hálózatok zárlatkezelési kérdéseire is. Megoldásokat majd további munkákban szeretnénk kapni. A problémákkal kapcsolatban PhD munkát is kívánunk indítani.

Kulcsszavak: körzetesítés; zárlatkorlátozó fojtótekericsautomatikus zárlatkorlátozás; speciális transzformátorok; különleges FCL-ek; trisztor-reaktoros eszközök

1 Bevezetés

1.1 A zárlati áramok problémája

1.1.1 A villamosenergia-rendszer átalakulása

A villamosenergia-rendszer (VER) egyrészt folyamatosan fejlődik és növekszik. Másrészt jelentős átalakuláson megy keresztül.

Az átviteli hálózatokban (220-750 kV) kezdenek megjelenni a nagyfeszültségű egyenáramú átvitelek (HVDC). Továbbá a növekedésnek megfelelően a topológia „sűrűsödik”, növekszik a NAF/NAF alállomások száma is.

A 110-160 kV-os un. főelosztói szerepet betöltő hálózatok kvázi – söntölik az átviteli hálózatokat és ez is felvethet problémákat a zárlati áram-növekedésben és az üzemeltetés mikéntjében. A nagymérvű naperőmű elterjedés ma már leginkább a 132 kV-os főelosztóhálózatok időnkénti túlterhelődését okozza.

A középfeszültségű (KÖF) elosztóhálózatokat ellátó transzformátorok egységteljesítményei emelkednek , nagyobb metropoliszokban már 80-120 MVA-es transzformátorokat is telepítenek , amelyek zárlati árama akár a 60 kA-et is elérheti. Ugyanakkor pl. Budapesten a kábelhálózaton 8 kA-es zárlati szint a megengedett érték , míg más metropoliszokban 12-16 kA-ig is elmennek. Egyértelmű , hogy gondoskodni kell kiegészítő zárlati áram korlátozásról.

A kisfeszültségű (KIF) kommunális hálózatokban oszloptranzformátor-állomásokban maximálisan 630 kVA-es teljesítményt alkalmaznak , az épületekben elhelyezett alállomásokban is csak 1 MVA-es teljesítmény fordul elő.

Az ipari KIF hálózatokban viszont akár 3-4 MVA-es KÖF-KIF transzformátok is jelen vannak , amelyek zárlati áramsztintje akár 80-120 kA-es szinteket is elérhet – sőt előfordul azok párhuzamosítása is. Ezen zárlati áramsztinteken erősen megnövekszik az ívzárlati áramból eredő kockázat /arc flash hazard/ amely mind a személyzetre , mind a berendezésre és annak környezetére veszélyt jelenhet.

2 Nagyfeszültségű hálózatok zárlat-korlátozása

2.1 NAF-korlátozás körzetesítéssel és automatikus zárlatkorlátozással

A nagyfeszültségű (NAF) hálózatok (110-500 kV) jellemzően hurkolt kialakításúak és a teljesítményigények növekedésével egyre inkább sűrűbbek és ennek következtében a zárlati áramok szintje folyamatosan növekednek. Ez a folyamat különösen igaz a 110-145kV-os un. főelosztó hálózatokra , amelyek egy-egy nagyváros vagy ipari körzetben kritikus szintű zárlati áramok megjelenésével jár. Így például nálunk Budapest térsége , de már Debrecenben is kezd megjelenni hasonló probléma.

Nálunk először a 80-es években kezdtek foglalkozni ezen problémákkal [1]. Az időben jelentek meg olyan fogalmak , mint a körzetesítés és az automatikus zárlatkorlátozás. Az akkori legerjedtebb 120 kV-os megszakítók az OTKF 40001-es megszakítók 20 kA-es áramokat tudtak kezelni. de már akkor is megjelentek nagyobb áramsztintek.

A körzetesítés jelenleg is létező megoldás – Budapesten jelenleg a 132 kV-os főelosztóhálózat három körzetre van bontva , annak ellenére, hogy megjelentek az

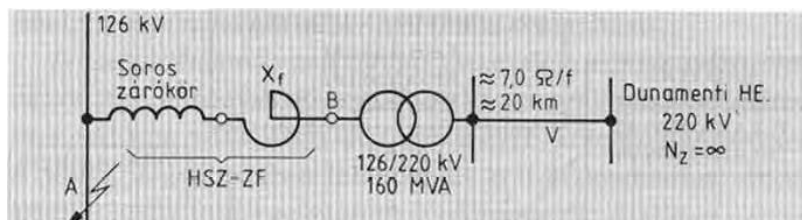
SF6-os nagyobb áramú megszakítók is (30 és 40 kA) . Ezek kialakítása a gyűjtősín összekötő megszakítók kikapcsolt állapotban tartásával történik a megfelelő 132/10 kV-os alállomásokban. Az un. automatikus zárlati korlátozás – ami lényegében egy kaszkádolás jellegű beavatkozás már nincs jelen a hazai gyakorlatban, amikor is először működött a gyűjtősín összefogó készülék, majd a zárlatos leágazás megszakítója.

2.2 NAF-korlátozás zárlatkorlátozó fojtótekerccsekkel

A nemzetközi gyakorlatban még megtaláljuk a zárlatkorlátozó fojtótekerccset (ZKF) is. Hazai szinten a 90-es évek közepén merült fel ZKF-ek telepítése az Albertfalvai 220/120 kV-os alállomás térségében, ahol is a zárlati áramok szintje már meghaladta a 30 kA-t. [2,3] a hálózat lazítása hatékony eszköz ugyan, de de egyidejűleg csökkenti az üzembiztonságot és növeli a veszteségeket.

A zárlati viszonyokat még tovább rontja , hogy a hazai 132 kV-os hálózatokban az X_0/X_1 -viszony akár 0.4-0.6 is lehet , ami azt is jelenti egyben, hogy az $I^{FN} > 1.2 \cdot I^{3F}$. Ezen probléma jelen van különböző mértékben gyakorlatilag az összes 132 kV-os hálózatban. Az FN-zárlati áramok kompenzálására a NARF/132 kV-os transzformátorok csillagpontjába 12-16 ohmos reaktorok kerülnek, míg a 132/KÖF transzformátorok csillagpontjába 2200 ohmos ellenállások. Ily módon az FN-zárlati áramok akár 7-9%-al csökkenthetők. A csillagpont-lazítások viszont generálhatnak egy sor problémát – így megnövekedhet a megszakítók visszatérő feszültsége, és védelmi-irányítástechnikai problémák is keletkezhetnek.

Az ELMŰ területén jelenleg is működik a hangfrekvenciás központi vezérlés (HFKV) 1980 óta, 132 kV-os csatolásokkal. ezért szükség volt a fölöttes alaphálózat felé hangfrekvenciás zárókörok beépítésére , amelyek a 216.6 Hz-es jelek jobb terjedési viszonyait biztosítják. Ugyanezek egyidejűleg hozzájárulnak a zárlati áram korlátozásához is. Lehetséges a két rendszer egybeépítése is 1. ábra



1. ábra

A mintegy 20 éve végzett számítások vizsgálatai – megítélesem szerint- jelenleg is aktuálisak és feltehetően szükséges lesz alkalmazásuk a jövőben is.

A külföldi gyakorlatokban is aktuális probléma lett a zárlati áramok korlátozása a 110kV és magasabb feszültségű hálózatokban. Ugyanakkor vannak kísérletek speciális ultragyors működésű un. IS-Limiterek alkalmazására, amelyek néhány

milisecundum alatt működhetnek. De jól kialakult irányelvek és gyakorlat még hiányzik [2-3].

2.3 A lehetséges fejlesztési irányok

A NAF főelosztóhálózatokban a zárlati áramok szintje további emelkedése várható. Ugyanakkor a körzetesítés rontja az üzembiztonságot és növeli a hálózati veszteséget.

Jelenleg ezen hálózatok alállomásai optikai hálózaton keresztül össze vannak kötve így lehetőség van egy-egy terület – pl. a budapesti régióban egy olyan átfogó központi vezérlőrendszer kiépítésére, amelyik lehetővé teszi a körzetek egyesítését és csak a zárlat bekövetkezés esetében bontja a hálózatot a megfelelő helyeken.

3 Középfeszültségű hálózatok zárlat-korlátozása

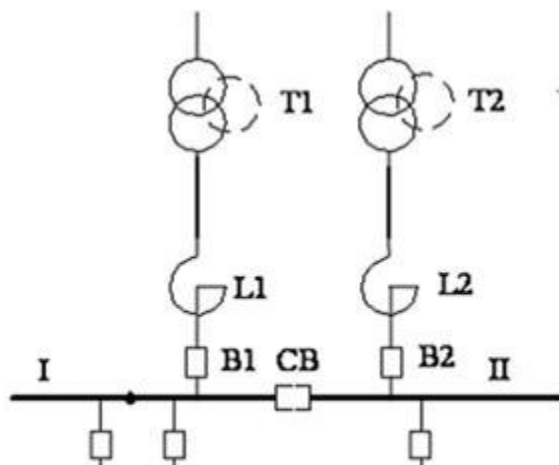
3.1 Hagyományos megoldások

Hazai szinten a középfeszültségen a zárlati korlátozást a transzformátor-teljesítmény korlátozásával oldják meg. A legnagyobb teljesítmény, ami beépítésre kerül a 40 MVA, ami 10 kA-es zárlati szintet jelent. De a legelterjedtebb teljesítményszint a 25 MVA-es transzformátor, amelynek zárlati árama 6.5 kA.

A 11 kV-os városi kábelhálózatokban már most is találunk 63 mVA-es transzformátorokat, amelyek zárlati árama eléri a 33 kA-t, ugyan akkor a megengedett zárlati áram 8 kA. A városi hálózatok zárlatkorlátozása kiemelt jelentőségű.

3.1.1 Központi reaktorral történő zárlatkorlátozás

A reaktor egy ferromágneses mag nélküli induktortekercs. A dinamikus erőhatások miatt érdekében a tekercs kerete betonnal van kitöltve, innen ered a "betonreaktor" elnevezés. A reaktor fő paramétere az induktív reaktancia X_f , amelyet a katalógusokban általában ohmban adnak meg. A reaktor induktív reaktanciája növeli az elektromos hálózat teljes ellenállását az energiaellátó rendszer és a rövidzárlati pont között, ami a rövidzárlati áram csökkenéséhez vezet.



2. ábra – központi reaktoros korlátozás

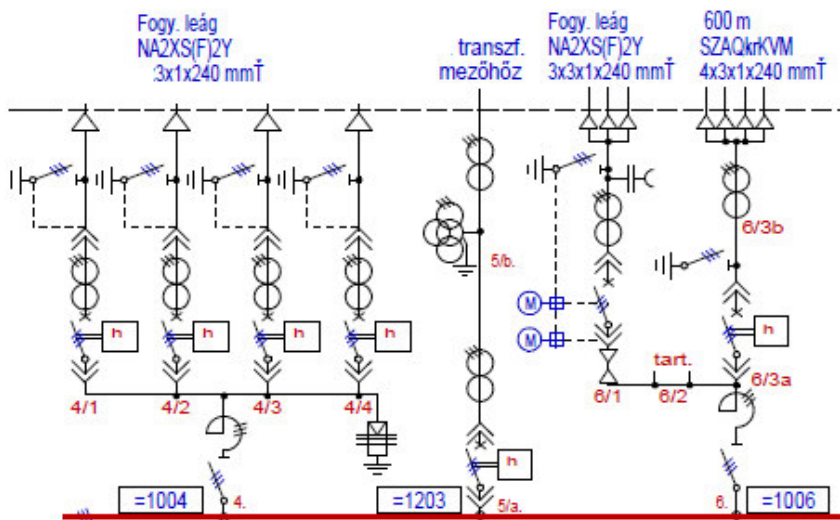
Az 2.ábrán látható megoldás jelentős feszültségeséssel jár, ezért ez ebben a formában a hazai hálózatokban nem került alkalmazásra.

Ennek a megoldásnak az alternatívája a nyújtott droppal rendelkező transzformátorral történő korlátozás. Ez a megoldás megjelent a hazai gyakorlatban – igaz maximum 31.MVA-ig működik 18%-os drop mellett [4].

Ezen két megoldás gazdaságos és a 10 kV-os gyűjtősín igénybevétele is már korlátozott zárlati áram-szinten történik csak, de a feszültség-minőség nehezen biztosítható. A két sínfél üzemszerűen külön működik.

3.1.2 Csoportos fojtózással történő zárlatkorlátozás

A rövidzárlati áramok korlátozása érdekében hálózati fojtótekercecsek telepíthetők a gyűjtősínre is. Az ilyen fojtótekercecsek nemcsak a rövidzárlati áramot korlátozzák, hanem növelik az alállomási gyűjtősínek maradékfeszültségét is a mögöttük lévő rövidzárlatok során. Ez a megoldás az alállomás építés költség-emelkedéséhez vezet. Jelenleg ez a legelterjedtebben alkalmazott hazai megoldás - csoportos fojtózásnak nevezzük (3.ábra).



3. ábra csoportos fojtózás

3.1.3 Ikerfojtós zárlati áram korlátozás

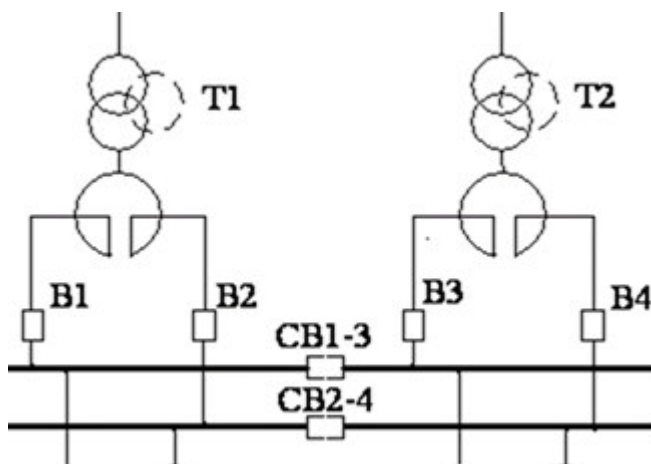
Normál üzemi körülmények között a feszültségvesztések csökkentése érdekében egyetlen reaktor helyett kettős reaktorokat is lehet alkalmazni. Ezeket a reaktorokat szabványos reaktorként tervezik, középponti leágazással.

Az ikerreaktorok két előnnyel járnak. Először is, lehetővé teszik négy gyűjtőszakaszhelyezését egy 6(10) kV-os technológiai kapcsolóberendezésben. Továbbá, az ikerfojtók ágainak ellenállása az ágakban folyó áramok irányától és nagyságától függ. Normál üzemben, amikor minden reaktorágon közel azonos terhelő áram folyik, az ágakban folyó áramok a középpontból ellentétes irányokba irányulnak, és nagyságuk hasonló. Az ellentétes áramok kölcsönös indukciója miatt az egyes reaktorágak induktív reaktanciája a felére csökken.

Egy 6(10) kV-os hálózatban fellépő rövidzárlat során a kettős reaktor ágaiban folyó áramok ugyanabba az irányba folynak; az egyik ágban az áram a reaktor középpontjától a gyűjtősinig folyik (a rendszerből érkező rövidzárlati áram), a másik ágban pedig a gyűjtősinéktől a reaktor középpontjáiig (az EM-ből érkező betáplálási áram). Ha a reaktorágakban folyó áramok megközelítőleg azonos nagyságúak, akkor a reaktorágak mindegyikének induktív reaktanciája körülbelül 1,5-szeresére nő a katalógusadatokban megadott névleges ellenálláshoz képest. Így normál körülmények között a kettős reaktor mindegyik ágának ellenállása a névleges ellenállás fele, és a 6(10) kV-os gyűjtőszakaszok egyikén fellépő rövidzárlat esetén háromszorosára nő. Ugyanakkor a normál üzemmódban a

feszültségveszteségek az egyetlen reaktorhoz képest a felére csökkennek, és a rövidzárlati áram 1,5-szeresére korlátozottabb.

A rövidzárlati áramok korlátozását iker-fojtók és a 6(10) kV-os sínek négy szakaszra osztása segítségével az 4. ábra mutatja:

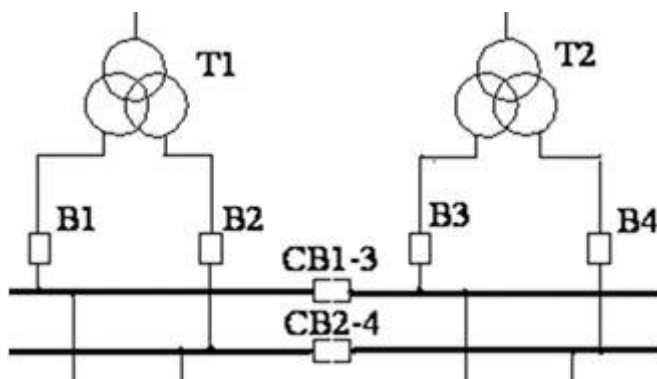


4. ábra. Ikerfojtós zárlati korlátozás

A villamosenergia-rendszer felőli rövidzárlati áram korlátozása mellett az ikerfojtók a többi gyűjtősínszakasz betáplálási áramait is korlátozzák a rövidzárlati ponton. Az egyik szakasz villamos motorjainak betáplálási árama egy másik szakaszban fellépő rövidzárlat esetén a fojtótekercs mindkét ágán átfolyik.

3.14 Osztott szekunder tekercsű transzformátorok alkalmazása

25 MVA és nagyobb névleges teljesítményű transzformátorok esetében széles körben alkalmazzák az osztott szekunder tekercselésű transzformátorokat a rövidzárlati áramok korlátozására a gyűjtősín-szakaszok egyenletes terhelése esetén (5. ábra).



5. ábra osztott tekercselésű transzformátoros kialakítás

Az osztott tekercselésű transzformátorokban minden egyes szekunder feszültségű tekercs teljesítménye a transzformátor névleges teljesítményének a fele. Minden egyes szekunder feszültségű tekercs ellenállása kétszerese az azonos teljesítményű kététekercses transzformátor ellenállásának. A transzformátor zárlati áramokkal szembeni ellenállása körülbelül 1,8-1,9-szeresére nő egy azonos teljesítményű kététekercses transzformátorhoz képest. Így lényegében megoldódik a zárlati korlátozás és a feszültségviszonyok sem romlanak le.

Következtetések

A NAF főelosztó-hálózatokban megfontolás tárgyává kellene olyan átfogó automatikai rendszer kialakítását, amely megszüntetné a körzetesítés alkalmazását. Ezzel növekedne az üzembiztonság és csökkene a hálózati veszteség.

A közepfeszültségű városi kábelhálózatokban a jelenlegi csoportos-fojtózású megoldás a feszültség-viszonyok szempontjából optimális, de magas költségigényű. Az elkezdett ún. nyújtott droppal működő transzformátoros betáplálás gazdaságos – de csak 31 MVA-ig alkalmazható és a feszültséggel szemben támasztott minőségi elvárások nem teljesíthetők.

Az osztott tekercselésű transzformátorokkal megépített alállomások gazdaságosak és a feszültség minőség is megfelelő.

Irodalom

- [1] Dr. Bendes Tibor, Dr.Tombor Antal,Hatvani György,Morva György „Villamos hálózatok létesítése és üzemvitele” 1983.KKVMF-jegyzet
- [2] Dr.Miháلكovics Tibor, Németh János „Zárlati áramok csökkentésének lehetősége soros fojtótekercsek alkalmazásával az ELMŰ Rt. 120 kV-os főelosztóhálózatán I. rész Elektrotechnika 1995/12 száma
- [3] Dr.Miháلكovics Tibor, Németh János „Zárlati áramok csökkentésének lehetősége soros fojtótekercsek alkalmazásával az ELMŰ Rt. 120 kV-os főelosztóhálózatán II. rész Elektrotechnika 1996/01 száma
- [4] Alexander Octavianus Surya, Langlang Gumilar,Arya Kusumawardana, „Increase in High Impedance Value of Transformer to Reduce Short Circuit Fault Currents in High Voltage Networks” 2022 11th Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)
- [5] Terence Hazel „Limiting Short-circuit Currents in Medium-voltage Applications” Electrical Engineering portal-EEP 2020
- [6] Ilyushin P.V., Komandenko A.V. Efficiency of Methods and Tools for Limiting and Controlling Short-circuit Currents in Distribution Grids with Distributed Generation Facilities" 2021 NAUKA