

III. Évfolyam 3. szám - 2008. szeptember

Körmendi Krisztina

PROTAN Zrt.

kormendi@dcs.vein.hu

Solymosi József

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem

solymosi.jozsef@zmne.hu

AZ EURÓPAI ÖSSZEKAPCSOLT VILLAMOSENERGIA-RENDSZER 2006. NOVEMBER 4-I ÜZEMZAVARÁNAK ÁTTEKINTŐ ÉRTÉKELÉSE

Absztrakt

2006. november 4-én éjszaka az európai UCTE villamosenergia-rendszeren súlyos zavar lépett fel. A zavar az észak-német átviteli hálózatban keletkezett, ahol egy 318 kV-os távvezeték túlterhelődés következtében kikapcsolódott, ami további vezetékek kaszkádbomlását indította el, az UCTE rendszer három részre szakadt. A rendszerirányítók azonnali, az UCTE biztonsági előírásokon alapuló intézkedéseivel megakadályozták az európai méretű áramszünet kialakulását. 2006. november 5-én az UCTE vizsgáló bizottságot állított fel, mely kivizsgálta a rendszerösszeomlás okait és javaslatokat dolgozott ki a hasonló összeomlások elkerülésére teendő intézkedésekre. A vizsgálóbizottság jelentésének vizsgálata alapján a cikkben röviden bemutatjuk az európai UCTE villamosenergia-rendszer jellemzőit, áttekintjük a villamosenergia-rendszer zavarához vezető eseményeket, valamint vázoljuk az UCTE vizsgálóbizottság által feltárt, az üzemzavar kialakulásához vezető okokat, a vizsgálóbizottság által levont következtetéseket és a hasonló esetek elkerülését szolgáló ajánlásokat.

In the night of November 4th 2006 a serious disturbance occurred in the European UCTE interconnected grid. The incidents originated from the North German transmission grid, where the tripping of a transmission line indicated cascading line tripping, and the UCTE system split into three islands. Due to the immediate actions taken by the Transmission System Operators according to the UCTE standards the Europe-wide blackout was prevented. On the 5th of November 2006 the UCTE set up a UCTE Investigation Committee to investigate the causes of the incident and to develop recommendations to reduce the possibility of future disturbances. Based on the final report of the UCTE Investigation Committee, this article introduces the main characteristics of the European UCTE electric power system, describes the major events lead to the disturbance, the main causes of the

incident, the conclusions and recommendations identified by the Investigation Committee.

Kulcsszavak: rendszer-üzemzavar, alacsony frekvenciájú terület, magas-frekvenciájú terület, reszinkronizáció, vezeték kaszkádkiesések, N-1 kritérium ~ system disturbance, under-frequency area, over-frequency area, resynchronisation, cascading line tripping, N-1 criterion

BEVEZETÉS

Az energiabiztonság és ezen belül a villamosenergia-ellátás biztonsága mára az egyik legfontosabb globális biztonsági problémává vált, mely az Európai Unióban is jelentős hangsúlyt kap. A villamosenergia-ellátás folyamatossága, biztonsága alapvető társadalmi, gazdasági érdek.

A folyamatos, biztonságos ellátás biztosításának alapfeltétele a villamosenergia-rendszer megbízható működése, azaz, hogy a villamosenergia-rendszer mindenkor képes legyen kielégíteni a fogyasztói villamosenergia igényt (megfelelőség) valamint a váratlan meghibásodások, zavarok kezelhetők legyenek (biztonság).

A villamos energia nem tárolható ipari méretekben, így a termelés és fogyasztás egyensúlyát folyamatosan kell fenntartani. Az egyensúly fenntartása gondos tervezést, folyamatos felügyeletet és beavatkozást igényel. Jelen cikk keretei között ezen egyensúly megbomlását mutatjuk be a 2006. november 4.-i európai üzemzavar példáján.

A nevezett példa választását egyrészt az indokolja, hogy ez az üzemzavar a legsúlyosabb zavarok közé sorolható Európában [1], mely az összekapcsolt rendszer bomlásával járt. A három részre bomlott rendszer két területén az egyensúly hiányát a termelt villamosenergia hiány, míg egy területén többlet okozta, így ezen a példán mindkét esetre bemutatathatóak az egyensúly megbomlásának következményei illetve a rendszer helyreállítása érdekében megtett intézkedések.

Az üzemzavar 2006. november 4-én éjszaka 22:10 körül kezdődött, az üzemzavar következtében több mint 15 millió európai háztartás villamosenergia-ellátása szűnt meg időlegesen, a zavarok a legtöbb európai országot érintették. Az érintett rendszerirányítók azonnali intézkedéseinek köszönhetően azonban a zavar nem nöhetett európai méretű áramszünetté, a normál rendszerüzemet kevesebb, mint két óra alatt helyreállították valamennyi érintett területen. [1]

Az európai rendszerirányítókból álló szövetség, az UCTE (Union for the Coordination of Transmission of Electricity) tagtársaságai részvételével Vizsgáló Bizottságot állított fel az üzemzavar okainak kivizsgálására és a hasonló esetek bekövetkezésének megakadályozását szolgáló javaslatok kidolgozására. [1]

A továbbiakban az UCTE vizsgálóbizottságnak az üzemzavarról készített jelentése [1] alapján összefoglaljuk a 2006. november 4-i üzemzavar főbb eseményeit, a rendszerirányítók által megtett intézkedéseket a rendszer helyreállítására, valamint a vizsgálóbizottság által kidolgozott, a hasonló esetek elkerülését szolgáló ajánlásokat.

AZ UCTE RENDSZER

Az UCTE villamosenergia-rendszer a legnagyobb összekapcsolt rendszer Európában, immár több mint 50 éve létezik, 24 országban 450 millió fogyasztót lát el. [2]

Az UCTE rendszerben a rendszerirányítás szervezete decentralizált, többszintű. A rendszer szabályozási területekre (control areas) osztható. Általában egy ország vagy egy

villamosenergia-ipari társaság területe képez egy szabályozási területet. Egy szabályozási területen belül egy átviteli-rendszerirányító végzi a rendszerirányítást. A szabályozási területek szabályozási blokkokba (control blocks) sorolhatók, egy szabályozási blokkot egy vagy több szabályozási terület alkothat. A szabályozási blokkok műszakilag és földrajzilag körülhatárolható alrendszerek, melyek leválva az összekapcsolt rendszerről, attól függetlenül üzemeltethetők. A szabályozási területek és blokkok felügyeletét, koordinációját a szomszédos területekkel, blokkokkal a szabályozási központok végzik. [2] [3]

Magyarország egy önálló rendszerirányítási területet képez, melyen belül a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt. (MAVIR) végzi a rendszerirányítást. A magyar, a cseh, a lengyel és a szlovák rendszerek a lengyel PSE-Operator SA irányította közös szabályozási blokkot alkotnak; szabályozási központjuk az RWE Brauweiler-i központja. [4] [5]

Az elmúlt egy-két évtizedben az európai átviteli-hálózat működtetésének körülményei megváltoztak. A villamosenergia-piaci kereskedelem révén a határkeresztező szállítások mennyisége valamint a szállítások távolsága megnőtt; továbbá a pontosan nem előre jelezhető, időszakosan működő villamosenergia-termelés (pl. szélerőművek) gyors térhódítása volt megfigyelhető. Ezek a kontinenst átszelő, egyre növekvő nagyságú áramlásokat idéznek elő, melyeket a rendszer kezdeti tervezésénél nem vettek figyelembe. A megváltozott körülmények miatt a rendszert a biztonsági követelmények szerinti határokhoz közel üzemeltetik, mely körülmények között a napi hálózatüzemeltetés sokkal kihívóbb feladattá vált. Így volt ez 2006. november 4-én is. [1]

AZ ÜZEMZAVAR ESEMÉNYEI [1]

2006. november 4.-én, szombaton, több átviteli hálózati elem üzemen kívül volt; a szokásos módon a kisebb fogyasztású hétvégi időszakra ütemezett karbantartási és építési munkák miatt. 22:09-kor, közvetlenül az üzemzavart megelőzően a termelés 274.000 MW körülire volt becsülhető, melyből kb. 15.000 MW szélerőművi termelés volt. A Németországból származó jelentős szélerőművi termelés miatt erős áramlások alakultak ki Németországból Hollandia és Lengyelország felé.

A németországi E.ON Netz rendszerirányító – a Meyerwerft hajógyár kérésére – a Diele-Conneforde 380 kV-os kétrendszerű távvezeték 2006. november 5.-én 01:00-kor történő kikapcsolását tervezte, hogy a kérelmező egy hajója az Ems folyón az Északi-tengerhez haladhasson. Korábban már volt példa ilyen ok miatt a vezeték kikapcsolására, akkor az semmilyen negatív következményekkel nem járt a villamosenergia-rendszer működésének biztonságát illetően. Az E.ON Netz és az általa értesített szomszédos rendszerirányítók, a TenneT és RWE TSO, elvégezte hálózataikra vonatkozóan az előírt vizsgálatokat, melyek azt mutatták, hogy a vezeték kikapcsolás folytán az N-1 elv nem sérül azaz, az adott hálózati állapot mellett, egyik rendszerelem váratlan kiesése esetén sem kerül veszélybe az összekapcsolt rendszer üzemének biztonsága.

November 3-án a hajógyár kérésére az E.ON Netz előhozta a tervezett kikapcsolást november 4-én 22:00 órára, miután az előírt vizsgálatok továbbra is azt mutatták, hogy hálózata erősen terhelt, de biztonságos lesz. A kikapcsolás időpontjának előrehozataláról azonban csak november 4-én 19:00 óra körül értesítette a szomszédos TenneT és RWE TSO rendszerirányítókat.

A kikapcsolás eredetileg tervezett időpontja környékére vonatkozóan (november 5-én 00:00-06:00 között) a rendszerirányítók az E.ON Netz hálózatából a TenneT hálózatába történő határkeresztező kapacitás 350MW értékkel történő csökkentésében valamint a Németország és Hollandia között, november 5-re tervezett, határkeresztező kapacitás további csökkentésében állapodtak meg; hogy az áramlásokat uralni tudják. Az E.ON Netz késői

bejelentése miatt azonban a Németország és Hollandia közötti csereprogramok csökkentése a kikapcsolás előrehozott idejére már nem volt lehetséges. Ekkor az E.ON Netz és a TenneT a Meeden alállomáson a transzformátor beállítások módosításában állapodott meg, hogy csökkentsék rendszereik közötti várható erős áramlást (a Diele-Meden rendszerösszekötő vezetéken.)

November 4-én 21:30 körül – mintegy fél órával a kikapcsolás tervezett időpontja előtt – mindkét szomszédos rendszerirányító (TenneT és RWE TSO) visszaigazolta az E.ON Netz felé, hogy hálózatuk biztonságos lesz és beleyezett a Conneforde-Diele vezeték kikapcsolásába.

Az E.ON Netz diszpécerei 21:29-kor terheléeloszlás számítást végeztek, amely nem mutatott határérték túllépést. Az N-1 elv megsértésére azonban nem végeztek vizsgálatot, hanem a hálózati állapot empirikus értékelésén alapulva feltételezték, hogy a tervezett vezeték kikapcsolás után az N-1 kritérium teljesülni fog a rendszerben.

Az üzemzavarhoz vezető események alábbiakban bemutatott sorrendjét az UCTE vizsgálati jelentésére alapoztuk.

21:38-kor az E.ON Netz kikapcsolta a Conneforde-Diele vezeték első rendszerét.

21:38-kor az E.ON Netz kikapcsolta a Conneforde-Diele vezeték második rendszerét.

21:39-kor figyelmeztető üzenetek érkezett az E.ON Netz-hez két távvezetéken folyó nagy áramlásokról.

21:41-kor a szomszédos RWE TSO tájékoztatta az E.ON Netz-t a hálózatukat összekötő egyik, a Landesbergen-Wehrendorf vezeték biztonsági határértékéről, de ekkor az áramerősség még e határérték alatt volt.

A nevezett rendszerösszekötő vezeték két oldalán a védelmi beállítások különbözőek voltak, az E.ON Netz által Landesbergenben alkalmazott határértékek (maximális megengedett érték és kioldási áram) magasabbak voltak az RWE TSO által Wehrendorfban alkalmazottaknál.

21:46 és 21:52 között a rendszerirányítók által folytatott telefonbeszélgetés során a diszpécserek a helyzetet többször is súlyosnak ítélték meg.

22:05 és 22:07 között a Landesbergen-Wehrendorf vezetéken a terhelés 100MW-al növekedett, 22:08-kor elérte az RWE TSO-nál alkalmazott riasztási értéket, amit az RWE TSO azonnal jelzett az E.ON Netz felé és azonnali beavatkozást kért.

22:10-kor – előzetes terheléeloszlás számítás és egyeztetés nélkül – az E.ON Netz a terhelés csökkentésére összekapcsolta a gyűjtősíneket a Landesbergen alállomáson. Az intézkedés eredményeként 80A-es áramerősség csökkenést vártak, azonban – az üzemzavar kivizsgálása során végzett ex-post szimulációk szerint – ellentétes hatás jelentkezett, az áramerősség 67A-el növekedett; a vezetéket a távolságvédelmi relék automatikusan kikapcsolták a Wehrendorf alállomáson.

A Landesbergen-Wehrendorf 380 kV-os vezeték kiesése további vezeték kaszkádkieséseket indított el az UCTE rendszer területén. Az első fázisban a vezetékeket a fellépő túlterhelődés miatt a távolságvédelem kapcsolta ki, a Majna folyótól délre eső vezetékeket pedig az impedanciacsökkenés védelem kapcsolta ki a drasztikus feszültégcsökkenés következtében.

A vezetékkiesések következtében az UCTE rendszer 22:10-kor három részrendszerre szakadt.

A **nyugati területen** (Spanyolország, Portugália, Franciaország, Olaszország, Belgium, Luxemburg, Hollandia, Németország egy része, Svájc, Ausztria egy része, Szlovénia, Horvátország nyugati része) a hiányzó import révén 8.940 MW teljesítményhiány alakult ki, mely következtében a frekvencia – kevesebb, mint 8 mp alatt) 49 Hz-re csökkent (az előírt 50 Hz-es normál értékkel szemben).

Az **észak-keleti területen** (Ausztria egy része, Cseh Köztársaság, Németország egy része, Magyarország, Lengyelország, Szlovákia, Ukrajna) több mint 10.000 MW termelés többlet alakult ki - ahogy a bomlás elvágta az észak-németországi erős szélerőművi termelésből származó tranzit útját Nyugat- és Dél-Európa irányába. A frekvencia gyors ütemben 51,4 Hz-re nőtt, majd az automatikus intézkedések (pl. primer szabályozás) és a magas frekvenciára érzékeny szélerőművek automatikus kiesése miatt 50,3 Hz-re csökkent. Néhány perccel később a szélerőművek automatikus visszakapcsolódása miatt ismét nőni kezdett.

A **dél-keleti területen** (Montenegro, Horvátország, Görögország, Bosznia-Hercegovina, Szerbia, Albánia, Dél-Magyarország, Bulgária, Románia) a nyugati területhez hasonlóan szintén termelés hiány jelentkezett, bár jóval kisebb: 700 MW körüli mennyiségben, a frekvencia 49.79 Hz-re csökkent.

INTÉZKEDÉSEK A RENDSZEREGYENSÚLY HELYREÁLLÍTÁSÁRA [1]

A szétvált rendszer **nyugati részterülete** jelentős (majdnem 9000MW) teljesítményhiánnyal küzdött, mely következtében a frekvencia lecsökkent (49 Hz). A frekvenciacsökkenés aktiválta a termelőegységeken felszerelt védelmi rendszereket, az automatikus fogyasztói terheléskorlátozó rendszereket, valamint szivattyús tározós egységek kieséséhez vezetett.

A hirtelen frekvenciacsökkenés következtében számos termelő egység esett ki, tovább növelve az import elvesztéséből származó teljesítmény hiányt. A kiesett termelőegységek 40%-a szélerőmű volt, az üzemzavar előtt hálózaton levő szélerőművek 60%-a, az üzemben levő kombinált ciklusú erőművek 30%-a esett ki a frekvenciacsökkenés során. Ezek az elosztóhálózatra csatlakozó kiserőművek a rendszerirányítók által közvetlenül nem szabályozhatók. Az átviteli hálózatra csatlakozó erőművek közül csupán egy, kb. 700 MW névleges teljesítményű hőerőművi blokk esett ki Spanyolországban, ám a kiesett kiserőművek nagy száma miatt így is jelentős teljesítményhiány keletkezett a rendszerben (összesen 10.900 MW esett ki), tovább növelve a megszűnt import következtében hiányzó mennyiséget. Amint a frekvencia és a feszültség ismét a megengedett tartományba került, a kiesett kiserőművek automatikusan visszakapcsolódtak a hálózatra, rendszerirányítói beavatkozás lehetősége nélkül.

Megközelítőleg 17.000 MW fogyasztói korlátozást rendeltek el a területen, valamint 1.600 MW szivattyús teljesítményt kapcsoltak le. A frekvencia helyreállítására a rendszerirányítók – rendszerújranelépítési terveik szerint – indították az üzemzavari tartalék termelőegységeket. A rendelkezésre álló 18.500 MW tartalékból 16.800 MW-t – tehát majdnem a teljes mennyiséget – el kellett indítani. Ezekkel az intézkedésekkel a frekvenciát viszonylag rövid idő alatt sikerült az 50Hz-es értékre visszaállítani.

A frekvencia automatikus stabilizálása után a rendszerirányítók információcserébe kezdtek, de a teljes rendszer állapotát valamint a zavar okát nem tudták azonnal meghatározni. A tartalékok indítását valamint a fogyasztói korlátozások visszavonását az egyes rendszerirányítók speciális koordináció nélkül végezték, a legtöbb országban a hálózatbomlással sem voltak tisztában.

A fentiekkel összhangban a frekvencia a következők szerint változott a nyugati részterületen:

22:10:28 Az UCTE rendszer szétvált, a frekvencia gyorsan csökkenni kezdett.

22:10:39 A szivattyús tározós egységek a védelmi tervek szerint kiestek, a frekvenciacsökkenés megállt.

22:10:42 A védelmi tervek szerint végrehajtott az automatikus terheléskorlátozás következtében a frekvencia növekedni kezdett.

22:11:19 A primer tartalékok aktiválásával a frekvencia tovább nőtt, 49.2 Hz-en stabilizálódott, majd a primer és szekunder tartalékok kimerülése miatt ismét csökkenni kezdett.

22:12:30 A termelés növelésével, további termelő egységek manuális indítása hatására frekvencia lassan növekedni kezdett; de a növekedés ütemét lassította, hogy néhány rendszerirányító – a rendszerirányítók közötti koordináció és a teljes rendszerállapot ismerete hiányában - időközben megkezdte a fogyasztói korlátozások visszavonását.

22:25 körül a frekvencia elérte a normál 50 Hz-es értéket.

Az **észak-keleti területen** több mint 10.000 MW termelés többlet alakult ki, melynek következtében a frekvencia gyors ütemben 51,4 Hz-re nőtt, majd az automatikus intézkedések (pl. primer szabályozás) és a magas frekvenciára érzékeny szélerőművek automatikus kiesése miatt 50,3 Hz-re csökkent. A szétválás után állandósult 50.3 Hz frekvenciájú állapot elfogadható nagyságú teljesítmény-áramlásokat eredményezett, melyek néhány kivételtől eltekintve nem veszélyeztették súlyosan a rendszer üzemét.

Néhány perccel a bomlás után a kiesett szélerőművek kezdtek automatikusan visszakapcsolódni. A visszakapcsolódó teljesítmény nagysága meghaladta a primer szabályozás útján végzett termelés csökkentés nagyságát, a feszültség lassú növekedésbe kezdett. További manuális intézkedésekkel: üzemben levő blokkok teljesítményének csökkentésével, blokkok leállításával, szivattyús tározós erőművek indításával sikerült a termelést csökkenteni, a frekvenciát 50,3 Hz-es értéken stabilizálni.

A termelőkapacitás többlet elnyelése azonban nem egyenletesen történt az érintett területeken, ami jelentős és veszélyes teljesítmény-áramlásokat generált. A többlet mintegy 58%-át a lengyel, cseh, szlovák, magyar rendszerirányítókból álló CENTREL szabályozási blokk nyelte el, miközben Észak-Németországban a szélerőművek visszakapcsolódása miatt növekedett a termelés. Emiatt az Észak-Németország felől Lengyelország és a Cseh Köztársaság felé megnőtt az áramlás nagysága, a rendszerösszekötő vezetékek terhelése jelentősen megnőtt, megnövelve a további bomlás veszélyét. A rendszerirányítóknak a délnyugat-lengyelországi termelés növelésével valamint a németországi termelés csökkentésével a túlterhelődést néhány percig sikerült feloldaniuk, majd a nyugati területtel történő sikeres reszinkronizációt és összekapcsolódást követően a villamosenergia-rendszerek 23:30-ra a normál üzemi helyzetbe tértek vissza.

A **dél-keleti területen** mintegy 770 MW teljesítményhiány keletkezett, a frekvencia 49,79 Hz-re csökkent. A frekvencia az üzemzavar során mindvégig az automatikus terheléskorlátozás első küszöbértéke felett volt, így automatikus korlátozásra nem került sor. A rendszer az N-1 elv szempontjából mindvégig üzembiztos volt. Horvátországi vízerőművi

egységek indításával, és a rendelkezésre álló szekunder tartalékok felhasználásával 22:40-re a frekvenciát a megengedett tartományon belüli értékre visszaállították. Az események alatt a rendszerirányítók aktívan kommunikáltak egymással.

Az Olaszország és Görögország közötti egyenáramú összekötetés nem szakadt meg az események során, így a szállítás Görögország felé a 312 MW tervezett menetrenddel folyamatos maradt. Továbbá az üzemzavar időpontjában a felhasználói terhelés - természetes módon, vagyis nem korlátozás hatására – lecsökkent.

A nyugati és észak-keleti területeket közötti kapcsolatot 23:24-re helyreállították, 23:57-re a dél-keleti területet is visszakapcsolták. Az UCTE rendszer teljes reszinkronizációja a bomlás után 38 perccel befejeződött, a rendszerirányítók a normál üzemállapotot az összes európai országban 2 órán belül helyreállították. A szétválást követően az egyes szabályozási területeken alkalmazott automatikus és manuális intézkedések elkerülhetővé tették a rendszerállapot további romlását és az európai méretű áramszünetet.

AZ UCTE VIZSGÁLÓBIZOTTSÁG ÁLTAL FELTÁRT OKOK

Az UCTE vizsgálata [1] az üzemzavar háttérben húzódó alábbi fő okokat tárta fel:

1. Az N-1 elv megsértése.

A Conneforde-Diele vezeték kikapcsolását követően az E.ON Netz hálózatán **nem teljesült az N-1 biztonsági követelmény.**

A kikapcsolást követően a Landesbergen-Wehrendorf vezetéken folyó fizikai áramlás olyan közel volt a vezeték védelmi rendszerének beállításaihoz, hogy egy viszonylag kis teljesítményáramlás eltérés is kaszkádkieséseket indíthatott. Az N-1 elv sérülése elkerülhető lett volna, ha az UCTE által előírt megfelelő vizsgálatokat elvégezték volna.

Annak ellenére, hogy a vezetéken a terhelés a 22:02-22:10 között fokozatosan növekedett, az E.ON Netz nem tett javító intézkedéseket az áramlások csökkentésére, majd a 22:10-kor elrendelt javító intézkedés (a gyűjtősínek összekapcsolása, mely topológia változtatásról empirikus értékelés alapján döntöttek mindenféle szimuláció nélkül) nemhogy csökkentette, hanem növelte a vezetéken folyó áramlást. A vizsgálat szerint nem konkrétan a gyűjtősínek összekapcsolása tekinthető az üzemzavar okának, hanem az, hogy az E.ON Netz hálózata nem volt az összekapcsolás előtt üzembiztos.

22:00 és 22:10 között az E.ON Netz hálózatában néhány blokk növelte a teljesítményét, amely szintén növelte a vezetéken folyó áramlást.

2. Elégtelen koordináció a rendszerirányítók között.

Az E.ON Netz a szomszédos **rendszerirányítók** irányában tett, a Conneforde-Diele vezeték kikapcsolásának átütemezéséhez kapcsolódó **koordinációs intézkedései nem voltak megfelelőek.**

A rendszerirányítók közötti megfelelő koordináció – a hosszú távú tervezéstől a valósidejű üzem időhorizontjáig – alapvető fontosságú a rendszerbiztonság fenntartása szempontjából. Az E.ON Netz a vezeték kikapcsolása tervezett időpontjának előrehozásával kapcsolatos koordinációs intézkedései azonban nem voltak megfelelőek.

Bár a kikapcsolást az eredeti időpontra az érintett rendszerirányítókkal megfelelően előkészítették, az előrehozott időpontra vonatkozóan – az E.ON Netz késői bejelentése miatt – ugyanez már nem mondható el. Így a kikapcsolás nem volt kellően előkészítve és ellenőrizve az üzem-előkészítés fázisában. Továbbá az E.ON Netz nem vette figyelembe a Wehrendorf alállomáson alkalmazott védelmi beállításokat, mely információ kritikus volt a Landesbergen-Wehrendorf vezeték igen nagy terhelése miatt.

Bár mindhárom érintett rendszerirányító (E.ON Netz, TenneT, RWE TSO) nagy áramlásokat várt a hálózaton a Conneförde-Diele vezeték kikapcsolását követően, nem számítottak vészhelyzetre. A Landesbergen-Wehrendorf vezeték túlterhelődése által jelentett vészhelyzetet nem ismerték fel, így az E.ON Netz nem tett azonnali javító intézkedéseket. Ezt követően – a szükséges sietség miatt – a Landesbergen állomáson történő gyűjtősin összekapcsolásról az E.ON Netz nem egyeztetett az érintett rendszerirányítókkal.

A fenti két fő ok mellett a vizsgálati jelentés [1] az alábbi, kritikus tényezőket említi meg:

A termelés szerepe a villamosenergia-rendszer viselkedésében

Az elosztóhálózatra kapcsolódó termelő egységek lekapcsolására vonatkozó követelmények általában kevésbé szigorúak, mint az átviteli hálózatra csatlakozók esetében, azaz kisebb frekvencia eltérés hatására kapcsolódnak le. November 4-én a rendszer szétválása után létrejött nyugati területen a termelőegységek az alacsony, az észak-keleti területen a magas frekvencia miatt estek ki. A nyugati területen a kiesések a teljesítményhiány tovább növelésével rontottak a helyzeten, az észak-keleti területen a kiesések kezdetben segítették a teljesítménytöbblet csökkenését, azonban a szélerőművek automatikus, a rendszerirányítók ellenőrzésén kívüli visszakapcsolódása akadályozta a rendszeregyensúly helyreállítását.

A rendszerirányítók csak az átviteli hálózatra csatlakozó erőművekkel állnak szabályozási kapcsolatban, mivel az elosztó hálózatra kapcsolódó kiserőművek korábban nem voltak jelentős hatással a villamosenergia-rendszer egészére. Ez a helyzet az elosztott termelés – főleg a szélfarmok - gyors fejlődése következtében megváltozott, egyes területeken a szélerőművi termelés – nagy részaránya és az időjárási körülményektől függő időszakos viselkedése miatt – jelentősen képes befolyásolni a villamosenergia-rendszer üzemét. A szélerőművi termelés hatása november 4-én egyértelműen negatív volt az észak-keleti területen. Az észak-németországi szélerőművi termelést a lengyelországi és cseh köztársasági termelés befogadással sikerült ellensúlyozni (de igen kritikus hálózati problémák előidézése mellett)

Intézkedések a hálózati szűk keresztmetszetek kezelésére

A szűk keresztmetszetekre kezelésére teendő intézkedéseket a nemzeti jogszabályok és a rendszerirányítók belső szabályzatai határozzák meg az egyes szabályozási területek rendszerirányítói számára. A német rendszerirányítóknak a 2006. november 4-én hatályos jogszabályok értelmében először a direkt költséggel nem járó intézkedéseket kell alkalmazniuk, ezek elégtelensége esetén alkalmazhatnak pénzügyi következményekkel járó intézkedéseket, melyek a rendszerirányítók és a piaci szereplők között érvényben levő szerződéseken alapulnak. A határkeresztező kapacitások csökkentésére, az újrateherelosztásra és az ellenkereskedelemre vonatkozó intézkedések tekintetében a tranzakciót megelőző második naptól a tranzakció valós idejéig terjedő időszakban a lehetséges intézkedések tartománya viszonylag kicsi volt.

A 2006. november 4-én hatályos szabályozás szerint a határkeresztező menetredek a tranzakciót megelőző napon 8:00 után már nem lehetett csökkenteni, kivéve ha vészhelyzet lép fel. Az adott időszakban az E.ON Netz-nek volt érvényben levő szerződése mely alapján az újrateherelosztásra és ellenkereskedelemre vonatkozó intézkedéseket tehetett volna, az újrateherelosztásra vonatkozó intézkedések aktiválásához azonban legalább 15 percre lett volna szükség, ami túl hosszú idő hirtelen hálózati változások esetén. Továbbá ezeket az intézkedéseket az E.ON Netz csak akkor alkalmazhatta volna, ha korábbi intézkedései nem érték el e kívánt hatást, így a vészhelyzet időben történő felismerése kritikus fontosságú lett volna.

Védelmi- és rendszerhelyreállítási tervek

A vizsgálati jelentésben foglaltak értelmében a nyugati területen a rendszerirányítók által alkalmazott védelmi tervek az UCTE előírásoknak megfelelő várt, kielégítő hatást mutattak. Ezen a területen az alkalmazott terheléskorlátozás megállította a frekvencia csökkenését és lehetővé tette az új rendszeregyensúly beállítását. Az egyes rendszerirányítási területek különböző okok miatt eltérő mennyiségben részesedtek az összes terheléskorlátozás nagyságából, ezek az eltérések azonban nem feltétlenül jelentettek hátrányt az UCTE rendszer biztonságára nézve.

A fogyasztói korlátozások visszavonására alkalmazott rend szabályozási területenként való eltérései azonban további egyensúlyhiányt okoztak és meghosszabbították a rendszeregyensúly helyreállításának folyamatát. Egyes elosztóhálózati engedélyesek a fogyasztók visszakapcsolását rendszerirányítói koordináció nélkül kezdték meg. A fogyasztók visszakapcsolására vonatkozó intézkedések olyan nemzeti szabályozáson alapultak, melyek lehetővé tették a fogyasztók lokális visszakapcsolását az összekapcsolt villamosenergia-rendszer globális helyzetének figyelembe vétele nélkül. Az ilyen fogyasztói visszakapcsolások csökkentették a frekvencia növelésre rendelkezésre álló teljesítmény mértékét, így a frekvencia kívánt értékre történő visszaállítása folyamatát lassították.

Reszinkronizáció

A reszinkronizáció a szétesést követő 40 percen belül befejeződött. A folyamatot a rendszerirányítók decentralizált módon hajtották végre, egyes esetekben a teljes összekapcsolt hálózat pontos állapotának ismerete nélkül. Azt, hogy a reszinkronizáció ilyen rövid idő alatt végbement, a decentralizált megközelítés tette lehetővé, ami a rendszerirányítási felelőségek decentralizált eloszlási módjának hatékonyságát támasztja alá.

Diszpécseri tréningek

A Vizsgáló Bizottság a diszpécserek felkészítésének módját a védelmi intézkedések és a rendszer újrafelépítési folyamatok alkalmazását érintően vizsgálta. A vizsgálat azt mutatta, hogy a zavarok kezelését a diszpécserekkel nem minden rendszerirányító esetében gyakoroltatták be; továbbá, hogy a szomszédos rendszerirányítókkal történő közös szimulációs tréningek nem képezték az általános gyakorlat részét.

A rendszerirányítók közötti kommunikáció

A rendszerirányítók közötti kommunikáció a vész helyzetben elvárt módon történt. Az egyes rendszerirányítóknak kb. 15 percre volt szükségük a saját hálózatuk állapotának feltárására és az első szükséges intézkedések megtételére. A teljes rendszer állapotát érintő információ nem állt azonnal a rendszerirányítók részére, mely információ hiány következtében nem volt világos és teljes képük az UCTE rendszer pontos állapotáról.

AZ UCTE VIZSGÁLÓBIZOTTSÁG ÁLTAL LEVONT KÖVETKEZTETÉSEK ÉS KIDOLGOZOTT AJÁNLÁSOK

A vizsgálat feltárta az UCTE szabványok és azok a rendszerirányítók általi alkalmazására vonatkozó előírások tökéletesítésének valamint a jogi és szabályozási keretek európai szintű harmonizációjának szükségességét. A vizsgálóbizottság az alábbi öt ajánlást [1] fogalmazta meg:

Az N-1 kritérium alkalmazása előírt módjának felülvizsgálata

A vizsgálóbizottság az N-1 kritérium alkalmazására vonatkozó UCTE előírás oly módú felülvizsgálatát és módosítását javasolta, mely révén az alkalmazásra vonatkozó előírások biztosítják, hogy az N-1 kritériumnak való megfelelés vizsgálatánál a rendszerirányítók a szomszédos rendszerek helyzetét is figyelembe veszik, továbbá a gyorsan változó rendszerkörülmenyek vizsgálatára, javító intézkedések előkészítésére és hatékonyságának rendszeres ellenőrzésére numerikus számításokat végezzenek.

Alap-Terv az UCTE szintű vagy regionális üzemzavarok kezelésére

A vizsgálóbizottság az UCTE előírásainak kiegészítését javasolta az UCTE kiterjedésű vagy regionális üzemzavarok esetén alkalmazandó vészhelyzeti üzem alapelveinek lefektetésével és a rendszerirányítók kötelezettségeire vonatkozó előírásokkal.

A rendszerirányítók regionális koordinációja

A vizsgálóbizottság UCTE előírás kidolgozását javasolta

- a rendszerirányítók regionális és régiók közötti koordinációjának módszerére,
- a közös tréningekre,
- az adatok, a biztonsági vizsgálatok eredményeinek és a tervezett javító intézkedések cseréjének tökéletesítésére.

UCTE szintű információs rendszer

A vizsgálóbizottság olyan információs rendszer kialakítását javasolta, mely gyűjti és a rendszerirányítók rendelkezésére bocsátja a teljes rendszer állapotának felméréséhez szükséges valós idejű adatokat; annak érdekében, hogy a rendszerirányítók eredményesen és hatékonyan tudjanak reagálni az esetleges üzemzavarok esetén.

Erőművek viselkedése és szabályozása

A vizsgálóbizottság a jogi keretrendszer módosítását javasolja a következők érvényre juttatása érdekében:

- a rendszerirányítók irányítani tudják a termelőegységeket (menetrend változtatás, blokk indítás vagy leállítás)
- az elosztóhálózatra csatlakozó kiserőművek frekvencia és feszültség változásai során tanúsított viselkedésére vonatkozó követelmények szigorítása
- az átviteli hálózatra csatlakozó termelőegység üzemeltetőjének kötelezése a rendszerirányító tájékoztatására a termelőegység termelési menetrendjének alakulásáról illetve annak változásairól
- a rendszerirányítók kapjanak legalább 1 perces on-line adatokat az elosztóhálózatra csatlakozó termelésről

ÖSSZEFOGLALÁS

Az UCTE villamosenergia-rendszer a legnagyobb összekapcsolt rendszer Európában, immár több mint 50 éve létezik, 24 országban 450 millió fogyasztót lát el.

Az elmúlt egy-két évtizedben az európai átviteli-hálózat működtetésének körülményei alapvetően megváltoztak. A villamosenergia-piaci kereskedelem és a pontosan nem előre jelezhető, időszakosan működő villamosenergia-termelés térhódítása révén az európai rendszer a kontinenst átszelő, egyre hosszabb távolságú és növekvő nagyságú áramlások színterévé vált. A megváltozott körülmények miatt a rendszert a biztonsági követelmények szerinti határokhoz közel üzemeltetik, mely körülmények között a napi hálózatüzemeltetés sokkal kihívóbb feladattá vált. Így volt ez 2006. november 4-én is. [1]

Aznap egy tervezett távvezeték kikapcsolás időpontjának előre hozatala ellehetlenítette a kikapcsolás megfelelő előkészítését. Ennek következtében az összekapcsolt rendszerben az E.ON Netz rendszerirányító területén az UCTE által előírt N-1 elv többé már nem állt fenn, egy túlterhelődött vezeték lekapcsolódása kaszkádbomlást indított el, az UCTE rendszer 3 területre bomlott, melyből 2 termelés hiánnyal és a frekvencia csökkenésével, egy pedig termelés többlettel és a frekvencia növekedésével küzdött.

A megfelelő automatikus és manuális ellenintézkedések révén a rendszerállapot további romlása és az európai áramszünet elkerülhetővé vált. A reszinkronizáció a bomlás után 38 perccel befejeződött, a normál rendszerüzem valamennyi érintett területen 2 órán belül visszaállt.

Az elosztóhálózatra csatlakozó termelés szabályozatlan működése megnehezítette a normál üzemállapot helyreállítását. A reszinkronizációs folyamat gyorsaságát a rendszerirányítói felelőségek decentralizált eloszlása tette lehetővé.

A vizsgálóbizottság az üzemzavar kialakulásának 2 fő okaként az N-1 elv sérülését és a rendszerirányítók közötti elégtelen koordinációt jelölte meg. Vizsgálta továbbá a termelőegységek viselkedésének a rendszer állapotára gyakorolt hatását, a szűk keresztmetszetek kezelésére alkalmazható intézkedések hatékonyságát, a védelmi és rendszer-újrafelépítési tervek koordinációjának szükségességét, a reszinkronizációs folyamat sikerességét, valamint a diszpécserek vészhelyzeti felkészülésére alkalmazott módszerek megfelelőségét.

Mindezek alapján a vizsgálóbizottság az UCTE előírások fejlesztését, kiegészítését valamint a nemzeti jogi és regulációs szabályozás európai szintű keretrendszerben történő összehangolását javasolta az N-1 elv alkalmazási módjának felülvizsgálata, az UCTE kiterjedésű vagy regionális üzemzavarok kezelésének alapelvei kidolgozása, a rendszerirányítók közötti koordináció és adatsere módszerei fejlesztése, a teljes UCTE rendszer aktuális állapotának értékelését lehetővé tevő valós idejű adatok rendszerirányítók számára történő biztosítása, valamint a termelő egységekre vonatkozó szabályozás fejlesztése, összehangolása tárgyában.

Jelen cikk keretei között csupán a 2006. november 4-i események illetve ezek következményeinek és hatásainak rövid bemutatására törekedtünk, azonban a fenti konkrét esemény kialakulásának és okainak a mélyreható, elemző értékelése további tanulságokkal szolgálhat a jövőben a villamosenergia-rendszerek működési zavarai komplex problematikájának tanulmányozásában, a hasonló jelenségek megelőzése vagy felszámolása érdekében a villamosenergia-szektor, mint a kritikus infrastruktúra jelentős alkotó eleme terén.

HIVATKOZÁSOK

[1] Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity: System Disturbance on 4. November 2006., Final Report <http://www.ucte.org/library/otherreports/Final-Report-20070130.pdf> (Letöltés dátuma: 2008.03.13)

[2] How the UCTE synchronous system operates <http://www.ucte.org/aboutus/tsoworld/systemoperation/> (Letöltés ideje: 2008.03.20)

[3] Key Characteristics of Electric Transmission Systems <http://www.ucte.org/aboutus/tsoworld/keycharacteristics/> (Letöltés ideje: 2008.03.20)

[4] MAVIR ZRt.: Nemzetközi szerepünk http://www.mavir.hu/domino/html/www/mavirwww.nsf/vAllPages/pNemzetkoziSzerepunk_WEB?OpenDocument (Letöltés ideje: 2008.03.21)

[5] MAVIR ZRt.: A villamosenergia-rendszer szabályozása [http://www.mavir.hu/domino/html/www/mavirwww.nsf/vAllPages/78D623653362C24FC1256FFF003D9E22/\\$FILE/szabalyozas20050512.pdf](http://www.mavir.hu/domino/html/www/mavirwww.nsf/vAllPages/78D623653362C24FC1256FFF003D9E22/$FILE/szabalyozas20050512.pdf) (Letöltés ideje: 2008.03.21)