

Körmendi Krisztina
PROTAN Zrt.,
kormendi@dcs.vein.hu

Solymosi József
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem
solymosi.jozse@zmne.hu

A VILLAMOSENERGIA-ELLÁTÁS ZAVARÁNAK KIALAKULÁSA ÉS OKAI A 2003. AUGUSZTUSI „NAGY ÉSZAK-AMERIKAI” ÁRAMSZÜNET PÉLDÁJÁN

Absztrakt

2003. augusztusában a villamosenergia-ellátó rendszer összeomlása következtében jelentős áramkimaradás lépett fel az USA észak-keleti és középnyugati államaiban és a kanadai Ontario tartományban. Míg a villamosenergia-rendszer kaskádszerű összeomlása néhány perc alatt lezajlott, a rendszer teljes helyreállításához több mint egy hét kellett. Az érintett országok kormányai közös vizsgálóbizottságot állítottak fel, mely kivizsgálta a rendszerösszeomlás okait és javaslatokat dolgozott ki a hasonló összeomlások elkerülésére teendő intézkedésekre. A vizsgálatok a terroristatámadásról, időjárási katasztrófákról szóló feltételezéseket, médiahíreszteléseket megcáfolták; a rendszerösszeomlás okait szabályozási hiányosságokban, információtechnológiai eszközök meghibásodásában, a nem megfelelő vegetációkezelésben, valamint a rendszerirányítói személyzet hiányos felkészültségében és a villamosenergia-rendszer megbízható működésért felelős szervezetek közötti elégtelen kommunikáció hiányában azonosították. A vizsgálóbizottság jelentésének elemzése alapján a cikkben röviden bemutatjuk az Egyesült Államok villamosenergia-ellátó rendszerének jellemzőit, áttekintjük a villamosenergia-ellátás zavarához vezető eseményeket és vázoljuk az amerikai-kanadai közös vizsgálóbizottság által feltárt, a villamosenergia-ellátó rendszer összeomlásához vezető okokat.

On August 14, 2003, an outage of electricity supplies occurred in North America, which affected large portions of the Midwest and Northeast United States and Ontario, Canada, due to the collapse of the electricity system. While the collapse evolved only in a few minutes, the total restore of the whole system lasts more than a week. The government of USA and Canada established a joint U.S.-Canada Power System Outage Task Force to investigate the causes of the blackout and to develop recommendations to reduce the possibility of future

outages. The investigations confuted the early presumptions and rumours published in the media, about terrorist attacks and climatic disasters; and identified regulation deficiencies, computer system failures, inadequate vegetation management programs, the insufficient preparedness of operations personnel, and the lack of communication between parties, who were responsible for the reliable operation of the electricity system, as the causes of the blackout. Based on the report of the Power System Outage Task Force, this article introduces the main characteristics of the North American electric power system, describes the major events lead to the blackout and the main causes of the blackout identified by the Task Force.

Kulcsszavak: *villamosenergia-rendszer összeomlás, villamosenergia-ellátás zavara, rendszerelemek kaskádyszerű kikapcsolódása ~ collapse of the electricity system, outage of electricity supplies, blackout cascade*

BEVEZETÉS

2003 augusztusában jelentős áramkimaradás lépett fel az USA észak-keleti és közép-nyugati államaiban és Kanada egyes tartományaiban. Az áramkimaradás több Egyesült Államokbeli és Kanadai nagyvárost is érintett: pl. New York, Detroit, Cleveland, Connecticut, New Jersey, Michigan (USA), Ottawa, Toronto, Montreal, Quebec (Kanada). Mintegy 50 millió lakos maradt áramellátás nélkül, a kiesett szolgáltatás mennyisége 61800 MW volt, a kiesés jelentős gazdasági károkat okozott az USA és Kanada számára. Az Egyesült Államok és Kanada közös vizsgáló bizottságot állított fel az eset kivizsgálására.

A villamosenergia-szektor, mint a kritikus infrastruktúra egyik legjelentősebb eleme különös figyelmet érdemel, és a bekövetkezett konkrét események kialakulásának és okainak a mélyreható, elemző értékelése tanulságokkal szolgálhat a jövőben a hasonló jelenségek megelőzésére vagy felszámolására.

A közös amerikai-kanadai vizsgálóbizottság jelentésének vizsgálata alapján a cikk röviden bemutatja az Egyesült Államok villamosenergia-ellátó rendszerének jellemzőit, áttekinti a 2003. augusztus 14-i, a villamosenergia-ellátás zavarához vezető eseményeket és vázolja az amerikai-kanadai közös vizsgálóbizottság által feltárt, a villamosenergia-ellátó rendszer összeomlásához vezető okokat.

AZ ÉSZAK-AMERIKAI VILLAMOSENERGIA-RENDSZER JELLEMZŐI ÉS SZABÁLYOZÁSA

A Kanadát, az Egyesült Államokat Alaszka kivételével) és Mexikó egy részét – 283 millió lakost és 100 millió fogyasztót – ellátó észak-amerikai villamosenergia-rendszer a maga 18 millió négyzetkilométeres területével az egyik legnagyobb együttműködő villamosenergia-rendszer. A rendszer eszközeinek összértéke kb. 1 billió (10^{12}) USD, 950000 MW erőművi kapacitással rendelkezik, az éves villamosenergia-fogyasztás kb. 5000 TWh, a 230 kV feszültségű távvezeték hálózat hossza 320000 km, az áramszolgáltató vállalatok száma 3500.

[1]

A rendszer három egymástól villamosan független részrendszerből áll: a Keleti-, a Nyugati- és az ERCOT részrendszerből, a 2003. augusztus 14-i áramkimaradás a Keleti részrendszer teljesítményének mintegy 10%-át érintette. [2]

Az Egyesült Államokban illetve Kanadában a villamosenergia-ellátó rendszer működése szabályozásának legfelsőbb szerve az USA Energiaügyi Minisztériuma (US Department of Energy, DOE) illetve a Kanadai Természeti Erőforrások Minisztériuma (Natural Resources Canada, NRCan). További szabályozó szervezetek az USA Szövetségi Energiaügyi Szabályozási Bizottsága, (U.S. Federal Energy Regulatory Commission, FERC), a Kanadai Nemzeti Energiaügyi Testület (National Energy Board of Canada, NEB) valamint az Észak-Amerikai Villamossági Megbízhatósági Tanács (North American Electric Reliability Council, NERC). [1]

A DOE általános küldetése az Amerikai Egyesült Államok gazdasági és energiaügyi biztonságának támogatása. A szervezet szintén felelős a tudományos és technikai fejlesztések támogatásáért. [3]

A FERC az államközi földgáz, kőolaj és elektromosság transzportot szabályozó független ügynökség. Felelősségi körének része [4]:

- A földgáz szállításának és nagykereskedelmi eladásának szabályozása.
- Az államok közötti kereskedelemben a kőolaj vezetékeken való szállításának szabályozása.
- Az államközi kereskedelemben az elektromos áram szállításának és kereskedelmének szabályozása.
- Magán, városi és állami vízenergia hasznosítási projektek engedélyezése és ellenőrzése.
- Államközi, földgázzal kapcsolatos létesítmények (vezetékek, raktározás, cseppfolyósított földgáz) építésének és lebontásának jóváhagyása.
- A főbb villamosenergia-ipari irányelvekhez; földgáz és a vízenergia hasznosítási projektekhez kapcsolódó környezetvédelmi vonatkozások felügyelete.
- Számviteli és pénzügyi elszámolás szabályozása, a szabályozott vállalatok ellenőrzése.

A NERC az 1965. évi áramszünetet követően alakult nem-kormányzati szervezet. Feladata az Észak–Amerikát ellátó villamosenergiarendszer megbízhatóságának támogatása. A NERC a villamosenergia-ellátó rendszer megbízható üzemeltetését biztosító szabályok, szabványok kidolgozását, fejlesztését és betartását ösztönzi. (2007. január 1-el a Megbízhatósági Tanács (North American Electric Reliability Council) és az Észak-Amerikai Villamossági Megbízhatósági Társaság (North American Electric Reliability Corporation) egyesült. A NERC Társaságot a FERC 2006. július 20-án „villamossági megbízhatósági szervezetnek” ismerte el) [5] .

A NERC-et 10 regionális megbízhatósági tanács alkotja (Regional Reliability Councils), melyek tagjai a villamosenergia-ipari vállalatok, szövetségi energiaügynökségek, villamosenergia-szövetkezetek és a fogyasztók képviselői. [1]

A NERC által kidolgozott szabványok hét fő elven alapulnak [2]:

1. energiatermelés és fogyasztás egyensúlyban tartása
2. meddőteljesítmény termelés és fogyasztás egyensúlyban tartása az előírt feszültségek tartása érdekében
3. távvezetékek és egyéb berendezések állapotának melegedési határok alatt tartása, az állapot folyamatos figyelemmel követése
4. rendszeregyensúly tartása
5. a rendszer olymódú üzemeltetése, hogy az megbízható maradjon az üzembe levő elemek egyikének (akár kulcs fontosságú termelő, átvivő eszközök) váratlan meghibásodása esetén is (N-1 elv tartása)
6. a rendszer tervezése, létesítése, karbantartása a megbízható működés érdekében
7. felkészülés vészhelyzetekre

A villamosenergia-ellátó rendszer alapvető működtetési egységei a szabályozási területek (control areas). Egy szabályozási területen belül egy rendszerirányító (ISO vagy RTO) felel a rendszer szabályozásáért, egy rendszerirányítóhoz több terület is tartozhat. 2003-ban 140 szabályozási területre oszlott az észak-amerikai villamosenergia-rendszer. Az USA-ban a rendszerirányítást a 1992. évi energiatörvény és egyéb FERC előírások alapján a FERC által felügyelt független rendszerirányítók (Independent System Operator, ISO) vagy regionális átviteli hálózati szervezetek (regional transmission organization, RTO) végzik. Az ISO-k és az RTO-k feladata a villamosenergia-rendszer megbízható üzemeltetése valamint a nagykereskedelmi villamosenergia-piac működtetése; ezenkívül megbízhatósági koordinátorok is lehetnek. [2]

A megbízhatósági koordinátor (reliability coordinator) egy vagy több szabályozási terület tekintetében látja el a rendszer megbízhatósági felügyeletét, megbízhatósági értékeléseket készít az általa irányított rendszerrész üzeméről, koordinálja az üzemzavar elhárítási műveleteket. [1]

A 2003. augusztus 14-i üzemzavar két rendszerirányító és két megbízhatósági koordinátor területét érintette. A First Energy Corporation (FE) egy szabályozási területet működtet Ohio északi részén, 7 áramszolgáltató vállalata közül 4 volt érintett a 2003. augusztus 14-i áramszünetben. Az American Electric Power Corporation (AEP) az FE déli szomszédságában működtet szabályozási területet. Az FE megbízhatósági koordinátora a Midwest Independent System Operator (MISO) az AEP-é a PJM Interconnections (PJM). [2]

A villamosenergia-rendszer megbízhatóságának biztosítása a szabályozási területek üzemeltetőinek (tulajdonképpen rendszerirányítók) felelőssége. Szintén felelősek az N-1 elv betartásáért a rendszerüzemeltetés során, a vészhelyzetekre történő felkészülésért és a vészhelyzetek kezeléséért, valamint az üzemeltető személyzet kiképzéséért, felkészítéséért. A megbízhatósági koordinátornak folyamatosan figyelemmel kell követniük a villamosenergia-rendszer azon paramétereit, melyek hatással lehetnek a megbízható működésre, ellátásbiztonságra; mind a saját, mind a szomszédos szabályozási területek tekintetében. A rendszerben tapasztalt (lehetséges, várható vagy aktuális) kritikus üzemi körülményekkel kapcsolatos információt meg kell osztania a szomszédos megbízhatósági koordinátorokkal, valamint ezekkel együttműködésben vészhelyzeti tervet kell kidolgoznia a lehetséges, várható vagy aktuális kritikus üzemi körülmények hatásainak megelőzésére és kezelésére. [2]

A VILLAMOSENERGIA-RENDSZER ÖSSZEOMLÁSÁNAK FELTÁRT OKAI

A közös amerikai-kanadai vizsgálóbizottság elemzése, valamint a NERC megállapításai alapján a vizsgálati jelentés 4 csoportban foglalja össze azokat az okokat, melyek a villamosenergia-ellátó rendszer összeomlásához vezettek. A négy alapvető ok-csoportot egy járulékos csoport egészíti ki, mely azon okokat tárgyalja, amelyek ellehetlenítették a meghibásodások/események következményeinek elhárítására történő megfelelő intézkedések végrehajtását. Továbbá a jelentés intézményi hibákat és gyengeségeket is feltárt. [2]

1. A First Energy és az ECAR (a régió NERC regionális megbízhatósági tanácsa) nem volt képes felismerni az FE rendszerében fennálló elégtelenségeket: elsődlegesen a Cleveland-Akron régió feszültség instabilitás miatti sebezhetőségét és az FE által alkalmazott nem megfelelő működési feszültség határérték kritériumot és intézkedéseket. Az FE nem végzett hosszú távú tervezési tanulmányokat az általa üzemeltetett rendszerről, nem vizsgálta a váratlan események vagy extrém körülmények bekövetkezésének a rendszerre gyakorolt lehetséges hatásait. Az FE ohioi szabályozási körzetében olyan működési feszültség határértéket alkalmazott, mely nem felelt meg a rendszer aktuális állapotának. Az ECAR független vizsgálata kimutathatta volna a hiányosságokat, azonban az ECAR nem végzett ilyen vizsgálatot. A NERC vonatkozó előírásai, pedig nem voltak egyértelműek, nem volt kellőképpen világos a megfogalmazásuk, így az FE ezek helytelen értelmezésével a biztonságos rendszerirányítás feltételeitől eltérő gyakorlatot alkalmazhatott.
2. A First Energy rendszerirányító diszpécerei nem ismerték fel a rendszerstabilitás megbomlását, a rendszerállapot romlását valamint a kibontakozó eseményeket; egyrészt az FE által alkalmazott informatikai eszközök meghibásodása, másrészt a diszpécerei felkészültségbeli hiányosságai következtében.
3. Az FE nem rendelkezett megfelelő vegetáció menedzsment programmal, ugyanakkor a NERC szabványok és irányelvek sem írtak elő vegetáció menedzsmenttel kapcsolatos követelményeket.
4. A megbízhatósági koordinátorok nem nyújtottak megfelelő támogatást a rendszerirányítók részére. Az eseményekben érintett két megbízhatósági koordinátor a MISO és a PJM nem rendelkeztek kialakult eljárásrenddel olyan esetekre, amikor egymás területén észlelnek abnormális (a biztonságos rendszerüzemeltetésnek nem megfelelő) rendszerállapotot. A MISO nem értesítette a többi megbízhatósági koordinátort a várható rendszer-problémákról valamint a valós idejű rendszerirányítás támogatását nem valós idejű adatok alapján végezte.
5. Az FE diszpécerei helytelenül jártak el, illetve nem azonnal tették meg a szükséges intézkedéseket a növekvő üzemzavar elhárítására, valamint nem volt kielégítő a kommunikáció a szomszédos rendszerirányítókkal.
6. Tekintettel arra, hogy a NERC a villamosenergia-ipar egyéb szervezeteitől nem volt független szervezet, nem volt hatásköre szigorúbb megbízhatósági követelmények előírására, valamint a követelmények érvényre juttatására. A NERC néhány előírása pontatlan, túl általános volt; így azokat a villamosenergia-ipari társaságok eltérő módon értelmezhatték, alkalmazhatták. Ezek az előírások minimum követelmények, melyek szükség szerinti pontosítását, szigorítását, a régió számára történő testre

szabását a regionális megbízhatósági tanácsok régióként eltérő módon végezték. Szintén régióként – a regionális tanácstól függően – eltérő volt a megbízhatósági követelményeknek való megfelelés ellenőrzése is. A NERC szabványok kidolgozása meglehetősen hosszú folyamat, s bár az érintettek tisztában voltak egyes (pl. a működésbiztonsági határok alkalmazásával, a diszpécserok képzésével, meddő teljesítmény tartalék képzésével, vegetáció kezeléssel, rendszer helyreállítási tervekkel stb. kapcsolatos) szabályozási hiányosságok meglétével, késlekedtek ezen változtatni.

AZ ÜZEMZAVAR ELŐTTI RENDSZERÁLLAPOT

A vizsgálóbizottság kimutatta, hogy közvetlenül az üzemzavart elindító eseményeket megelőzően a villamosenergia-rendszer állapota stabil volt, a rendszer üzemi jellemzői az üzemi megbízhatósági határon belül voltak és megfeleltek a NERC előírásaiban foglaltaknak. Mindez azt jelenti, hogy az üzemzavar kezdete előtti körülmények egyike sem nevezhető az összeomlás kiváltó okának beleértve az alábbiakat is:

- egyes távvezetékek illetve erőművek rendelkezésre nem állása;
- erős áramlások a régióban;
- alacsony feszültség;
- frekvenciaingadozás;
- a független termelő vállalatok alacsony meddő teljesítmény termelése. [2]

Ugyanakkor a vizsgálat egyértelmű bizonyítékokat talált arra, hogy a stabil rendszerállapot mellett a Cleveland-Akron régió jelentősen sebezhető volt a feszültség instabilitási problémák tekintetében. A sebezhetőségek ellenére a rendszer biztonságos üzemeltethető lett volna, azonban a First Energy – hosszú távú és operatív üzemeltetési tervezés hiányában – nem volt tudatában ezeknek a sebezhetőségeknek és nem vette figyelembe ezeket a rendszer üzemeltetése során. [2]

A villamosenergia-fogyasztás augusztus 14-én meglehetősen magas volt, tekintettel a légkondicionáló berendezések üzemeltetésére a viszonylag meleg nyári hőmérséklet miatt. A korábbi évek és a 2003. nyári fogyasztási adatok alapján azonban – nyári körülmények között – ez a fogyasztás normálisnak tekinthető, bár az előrejelzésekben, tervekben több rendszerirányító – köztük az AEP és az FE – is alábecsülte a terhelést. A tervezett és tényleges terhelés közötti eltérések gyakoriak, és mivel ezeket használják a következő napi termelés, vásárlás és meddő teljesítmény terv elkészítéséhez, befolyással lehetnek a következő napi menetrendre. [2]

Több alapvető termelő kapacitás is üzemen kívül volt a régióban, egyrészt a tervezett karbantartások, másrészt meghibásodások javítása miatt. A MISO az augusztus 14-i üzemi tervet a bejelentett termelő kapacitások valamint távvezetékek rendelkezésre nem állásának figyelembe vételével készítette el, és megállapította, hogy a regionális rendszer biztonságosan üzemeltethető az adott körülmények mellett. Az üzemen kívül levő termelő kapacitások illetve távvezetékek tehát nem lehettek a rendszerösszeomlás közvetlen kiváltói. [2]

Több meddő teljesítményt biztosító forrás a szokásos karbantartás miatt üzemben kívül volt és nem is helyezték üzembe őket a délutáni csúcs idejére sem, ám minderről csak a First Energy munkatársainak volt tudomása. (Általában a rendszeres karbantartást úgy ütemezik, hogy a berendezéseket a nagyobb igényű délutáni időszakra üzembe lehessen helyezni.) A First Energy ugyanis soha nem azonosította kritikus erőforrásként ezeket a kapacitásokat, így nem is merült fel az információ megsztásának szükségessége. [2]

A rendszerösszeomlást megelőzően három jelentősebb meghibásodást jelentettek Ohio és Indiana államokban, ám ezek egyike sem minősült a rendszerösszeomlás kiváltójának. Mintegy négy órával az összeomlás előtt a Cynergy vállalat szabályozási területén túlterhelődés miatt több távvezeték lekapcsolódott, ami jelentős feszültség problémát idézett elő a Cynergy rendszerében. A Cynergy módosította a felterhelt teljesítmény mennyiségén és a MISO diszpécserének javaslatára a TLR eljárást alkalmazta – sikeresen – a többi vezetéken fellépő torlódás kezelésére. A lekapcsolódott vezetékek az üzemzavar alatt is üzemben kívül maradtak. [2]

Két órával az összeomlás előtt a PJM által felügyelt rendszerben a megnövekedett terhelés miatt megereszkedett távvezeték hozzáért egy fa koronájához és kikapcsolódott. A MISO diszpécseri – mivel nem ők felügyelték a vezetéket és a PJM-től információt erről nem kaptak – a későbbiek folyamán a rendszer állapotának becslésekor nem vették figyelembe a vezeték üzemben kívül voltát. [2]

Az összeomlás előtt mintegy két és fél órával egy Cleveland-i erőmű egy blokkja, az Eastlake Unit 5 – mely jelentős meddő-teljesítmény forrás is volt – kiesett, 612 MW hiányt okozva a rendszerben, melyet az FE importból fedezett. Bár a blokk kiesésével a feszültség tartása nehezebbé és az FE diszpécseri lehetőségei korlátozottabbá váltak, a rendszer továbbra is biztonságosan üzemelt. [2]

Az áramlások a rendszerösszeomlás napján a régióközi szállítások miatt meglehetősen erősek voltak, azonban a vizsgálat szerint ezeknek nem volt hatása a rendszerösszeomlás szempontjából. Az ontarioi régió importja jelentős volt, azonban ez nem tekinthető szokatlannak és még bőven az IMO (helyi rendszerirányító) import kapacitásán belül maradt. A Cleveland-Akron régióban az augusztus 14-én mért adatok elemzése kimutatta, hogy az áramlások csökkentése – az átvitel csökkentésével – a régióban és a régió körül csak minimális hatást tudott volna gyakorolni a távvezetékek terhelésére, valamint a feszültség csökkenésére nézve. Az áramlások nem okozhatták a rendszerösszeomlást a Cleveland-Akron régióban, azonban amint a First Energy távvezetékei lekapcsolódtak, az áramlások erőssége és rendszerben történő eloszlása határozta meg a rendszerösszeomlás végső útját, helyzetét és sebességét. [2]

Az összeomlást megelőzően – a légkondicionálók jelentős fogyasztása miatt – a feszültség alacsony volt. A PJM és az FE diszpécseri kezdeményezték is a megfelelő intézkedéseket a feszültség kézben tartására. (pl. meddő teljesítmény növelés, újrateherelosztás stb.). Azonban az elfogadható legalacsonyabb feszültség határérték, melyet az FE alkalmazott, alacsonyabb volt a szomszédos rendszerekben alkalmazottnál és inkompatibilis volt a szomszédos rendszerekével. Az FE által alkalmazott érték nemcsak kevésbé szigorúbb volt a szomszédos rendszerirányítóknál alkalmazott értéknél, hanem alkalmatlan volt a rendszer biztonságos üzemeltetésére. A feszültség szint folyamatosan alacsonyabb volt a 345 kV-os gyűjtősíneken a Cleveland-Akron régióban, mint a régiókat összekötő távvezetékek régió kívüli végén. [2]

A rendszerösszeomlást megelőzően nem volt jelentős frekvenciaingadozás a keleti részrendszerben, a mért frekvencia értékek bőven a biztonságos üzemeltetés határain belül mozogtak. Azonban a rendszerösszeomlás során a sorozatos meghibásodások elsődleges oka a nagy feszültség ingadozás volt. A vizsgálat szerint nem az összeomlást megelőzően fennálló villamosenergia-rendszer állapot váltotta ki a rendszerösszeomlást. A First Energy rendszere stabil volt, ugyanakkor jelentősen sebezhető. A First Energy saját rendszerére vonatkozó tervezés és ismeretbeli hiányosságait tovább súlyosbította diszpécserének elégtelen felkészítése az esetleges üzemzavarok kezelésére. [2]

A RENDSZERÖSSZEOMLÁST ELŐKÉSZÍTŐ ESEMÉNYEK

A vizsgálóbizottság azonosította a 2003. augusztus 14-i rendszerösszeomlás kialakulását megelőző, azt lehetővé tevő villamossági, információtechnológiai és emberi tényezőket: [2]

12:15 – 16:04 a MISO állapotbecslő rendszere (state estimator) – a számításhoz használt nem megfelelő adatok miatt – használhatatlan volt. A MISO nem volt képes becsléseket végezni az egyes rendszerelemek kiesésének lehetséges hatásaira nézve.

Az állapotbecslő 12:15-kor jelentős hibával terhelt állapotot mutatott; egy üzemen kívüli 230 kV-os távvezetékét üzemen levőnek mutatott. Az operátor frissítette a távvezeték állapotát a MISO rendszerében, és sikeresen futtatta az állapotbecslőt. Ehhez ki kellett kapcsolnia az állapotbecslőt automatikusan 5 percenként futtató funkciót. Mivel ezt a funkciót a javítás után nem kapcsolta vissza, így – bár a manuális futtatás a továbbiakban működött – az állapotbecslő normál automatikus frissítése nem került visszaállításra egészen 14:40-ig.

13:13: Az FE diszpécser észlelte, hogy a rendszerben alacsony a feszültségérték; a helyzet javítása érdekében a meddőteljesítmény fokozására kérte az erőműveket. Az FE üzemeltetési kézikönyvében foglaltaknak megfelelően a diszpécser telefonon utasította az erőművek diszpécserseit a meddő teljesítmény fokozására, ugyanakkor nem kérte a hatásos teljesítmény csökkentését.

13:26-28: A diszpécser a meddő teljesítmény növelése érdekében a javításon kint levő kondenzátortelemek visszakapcsolásán dolgoztak, ami sikertelen volt.

13:31: Az Eastlake erőmű 5. számú blokkja kiesett.

Az állapotbecslő nélkül MISO nem volt képes számításokat végezni az erőművi blokkok és távvezeték kiesése hatásainak vizsgálatára; így nem tudta megállapítani (és a FE-t figyelmeztetni), hogy az Eastlake 5. blokk kiesésével a távvezeték hálózat jelentősen túlterhelődik, amennyiben a továbbiakban akár egy főbb távvezeték is kiesik. Az FE sem végzett vizsgálatokat további esetleges erőmű vagy távvezeték kiesések lehetséges hatásainak megállapítására.

14:14 A számítógépes rendszer riasztó (alarm) és naplózó funkciója az FE diszpécser szolgálatának vezénylőjében leállt, később kiesett a funkciókat futtató szerver és annak tartalék rendszere is. A vezénylőben senki sem vette észre, hogy a számítógépes rendszer nem működött tökéletesen, az FE informatikai szakembereit az informatikai rendszer a meghibásodásokról automatikusan értesítette, megkezdték a hiba javítását, ám a vezénylő személyzetét sem a hibáról, sem a javítás megkezdéséről nem értesítették. Az FE diszpécseri

nem rendelkeztek aktuális információkkal saját rendszerükről, sem számítógépes rendszerük meghibásodásának tényéről.

14:40 A MISO-nál az állapotbecslő 5 percenkénti automatikus futtatását visszaállították, azonban az nem futott sikeresen.

14:54 Az FE alarm és naplózó informatikai rendszerét futtató szerver és tartalék rendszer leállt.

15:05, 15:32, 15:41 az FE három 345 kV-os távvezetéke kikapcsolódott, fák koronájával történő érintkezés miatt. A távvezetékek kikapcsolódása túlterhelte a 138 kV-os hálózatot, mely összeomlott. Az alarm funkció hibája miatt az FE diszpécseri nem szereztek tudomást a vezetékek kikapcsolódásáról, semmilyen intézkedést nem tettek a rendszerállapot helyreállítására. Továbbá az FE nem végzett vizsgálatokat további esetleges erőmű vagy távvezeték kiesések hatásainak megállapítására, így nem voltak tudatában annak, hogy rendszerük már nincs az N-1 követelménynek megfelelő állapotban.

15:39-16:08 A 138 kV-os hálózat összeomlott, mintegy 600 MW terhelés kiesett, az áramellátás megszűnt Akron városában és környékén.

15:42 Az aznap az alállomások személyzetével, szomszédos rendszerirányítókkal, megbízhatósági koordinátorokkal folytatott telefonos egyeztetések következtében az FE diszpécseri rájött, hogy nem működik tökéletesen a számítógépes rendszerük, így nem látnak valós adatokat a villamosenergia-rendszeréről és értesítette az informatikai személyzetet. Sem ekkor, sem a későbbiek folyamán az FE diszpécseri nem minősítette a helyzetet vészhelyzetnek, illetve jelentette ki, hogy a szokásostól eltérő vagy vészhelyzeti intézkedések lennének szükségesek. A diszpécseri a délután folyamán számos, a villamosenergia-rendszerükben fennálló problémára utaló jelet kaptak, azonban képtelenek voltak felismerni a probléma fennálltát. A lassú helyzetfelismerés oka az FE rendszerirányítói közötti információ megosztás hiánya volt.

15:46 körül, amikor az FE és megbízhatósági koordinátora a MISO, valamint a szomszédos villamosenergia-szolgáltatók kezdték felismerni az FE rendszerében fellépő problémákat, az egyetlen mód a rendszerösszeomlás elkerülésére minimum 1.500 MW mértékű fogyasztói korlátozás elrendelése lett volna a Cleveland-Akron régióban.

16:04: A MISO állapotbecslő rendszerének megfelelő, automatikus működését helyreállították, két perccel a rendszerösszeomlás kezdete előtt.

16:05 A 138 KV-os hálózat összeomlásával párhuzamosan az áramlás az FE Sammis-Star nevű 375 kV-os távvezetékeire terhelődött, mely túlterhelődött és kikapcsolódott; Ohio keleti és északi része között megszűnt a 375kV-os kapcsolat. Bár ekkora Akron körül az Ohioban már áramszünet volt, Ohio északi részének többsége még az összekapcsolt rendszerre csatlakozott, valamint a fogyasztás magas volt. A Sammis-Star kikapcsolódását követően a terhelés szétszórt és tarthatatlanul megnőtt a szomszédos területeken, ami a távvezetékek és erőművi blokkok különböző védelmek miatti sorozatos kieséséhez vezetett; ezzel kezdetét vette a rendszer kaszkádszerű összeomlása.

A Sammis-Star távvezetékét a távolságvédelem 3 fokozata virtuális rövidzárlatot érzékelve kapcsolta le. 16:05 és 16:10 között további 345 és 138 kV-os távvezeték

kapcsolódott le ugyanezen ok miatt. 16:10-re egy sziget alakul ki a rendszer északkeleti részéből.

16:06-16:13 között mindösszesen 7 perc alatt 265 erőmű 508 blokkja esik ki. Az összeomlás viszonylag lassan kezdődött, majd 16:08-kor a sebessége ugrásszerűen megnőtt, a kaszkád teljesen kibontakozása ezután pusztán 3 percet vett igénybe. A kialakult északkeleti sziget jelentős teljesítmény hiánnyal, erős áramlásokkal, frekvencia és feszültség ingadozásokkal küzdött. Mindezek hatására a sziget további kisebb szigetekre bomlott. Néhányban ezek közül meg tudták őrizni a rendszeregyensúlyt, az ellátás folyamatos maradt.

Az összeomlás gyors terjedését, az általa érintett terület nagyságát a vizsgálati jelentés három fő okkal indokolja: [2]

1. a Sammis-Star 345 kV-os vezeték lekapcsolódása, melyet további kikapcsolódások követtek és az alacsony feszültség érték az ohioi régióban;
2. a távolságvédelem 3. fokozatának működése;
3. a védelmek beállítása és a frekvenciafüggő terheléskorlátozás beállításainak valószínű helytelensége illetve a védelmek összehangolásának hiányossága.

A villamosenergia-rendszert úgy tervezték, hogy biztosított legyen a hálózat egyes elemeinek (távvezetékek, transzformátorok, egyéb hálózati elemek, erőművi blokkok stb.) biztonságos üzemét veszélyeztető üzemi körülmények fellépése esetén, a veszélyeztetett elem automatikus lekapcsolódása.

A magas áramerősség és alacsony feszültség érték egy vezetéken rövidzárlatra utal. A távvezetéken alkalmazott távolságvédelem (más néven ellenállás-védelem) ilyenkor aktiválja a megszakítókat, a távvezeték lekapcsolódik a hálózatról. A terhelés kilengése és a feszültség ingadozása előidézheti, hogy a távvezetékeken a védelem rövidzárlatot detektál (magas áramerősség és alacsony feszültségérték következtében túl alacsony a pillanatnyi ellenállás) és működésbe lép. [2]

A vezetékek távolságvédelme az alkalmazott beállítások szerint működtek, azonban olyan gyors ütemben léptek működésbe, mely meggátolta a diszpécseri közbeavatkozás lehetőségét a kaszkád terjedésének megállítására. A vizsgálóbizottság megállapította, hogy ezen védelmek működése vezetett a rendszerösszeomlás felgyorsításához, valamint 16:05 időpontot követően kizárta mind a diszpécseri mind az automatikus beavatkozás lehetőségét a kaszkád megállítására, terjedésének csökkentésére. [2]

Az üzemzavarok kezelésének, megelőzésének végső eszközeiként automatikus terheléskorlátozási rendszereket alkalmaznak, melyek elve a terhelés kontrolált csökkentése az üzemzavar által okozott kontrolálhatatlan kikapcsolódások, esetleges rendszerösszeomlás megelőzésére. A feszültség-függő terheléskorlátozó rendszer akkor lép működésbe, amikor a feszültség egy meghatározott érték alá esik. Célja a terhelés korlátozása a meddőteljesítmény egyensúly helyreállítása és a feszültség összeomlás megakadályozása érdekében. A frekvencia-függő terheléskorlátozó rendszer célja, hogy a terhelés csökkentésével helyreállítsa a terhelés és a teljesítmény egyensúlyát szigetüzem kialakulását követően. A frekvenciafüggő korlátozás nem eredményes szigeten belüli feszültség összeomlás esetén. A feszültségfüggő terheléskorlátozási rendszerek alkalmazása az észak-amerikai villamosenergia-rendszerben nem volt kötelező, de az egyes NERC regionális megbízhatósági tanácsok előírhatták. A

Cleveland-Akron régióban nem volt előírás ilyen korlátozó rendszer alkalmazása. A frekvenciafüggő terheléskorlátozó rendszer alkalmazása már 2003-ban is NERC előírás volt, azonban a rendszer beállításait (pl. a frekvencia érték, amelynél működésbe lép) az adott régióra a NERC regionális megbízhatósági tanácsainak kellett meghatározniuk, így ezek régióként eltértek. Bár a meglévő korlátozó rendszerek – beállításaiuk szerint - működtek, nem tudtak jelentősen hozzájárulni a 2003. augusztus 14-i rendszerösszeomlás megállításához, megakadályozásához. [2]

ÖSSZEFOGLALÁS

A 2003 augusztusában az USA észak-keleti és közép-nyugati államaiban és Kanada egyes tartományaiban fellépő jelentős áramkimaradás okait tekintettük át rövid közleményünkben.

Az áramkimaradások 2003. augusztus 14-én, csütörtökön, helyi idő szerint délután 16 óra utáni kezdettel jelentkeztek, néhány perc alatt számos erőmű állt le a kanadai-amerikai határon levő villamosenergia-rendszerben. A rendszer teljes helyreállítása az Egyesült Államok területén 4, egyes kanadai területek tekintetében 8 napot vett igénybe.

A médiában megjelenő első feltételezések és híresztelések szerint terroristatámadás, vagy időjárás katasztrófa vezetett az áramellátó rendszer összeomlásához. Ezeket az okokat később kizárták [2]. A fent leírtak értelmében a rendszer már meglévő hiányossági önmagukban is elégségesek lehettek az összeomlás kiváltásához. Szabályozási, műszaki és emberi hibák együttesen vezethettek az áramszolgáltatás dominóeffektus-szerű leállításához.

Az Egyesült Államokban az elektromos áramszolgáltatás liberalizált. A fent leírtak alapján a független áramszolgáltatók közti együttműködés nem volt kielégítő, működésük szabályozása államonként különbözött, nem voltak egységes, következetes biztonsági előírások; sem egy olyan szervezet, mely a szabályok betartását – megfelelő szankciók érvényesítése mellett – ellenőrizhette volna. Mindezek hozzájárulhattak az energiaellátó rendszer összeomlásához.

A fenti konkrét esemény kialakulásának és okainak a mélyreható, elemző értékelése tanulságokkal szolgálhat a jövőben a hasonló jelenségek megelőzésére vagy felszámolására a villamosenergia-szektor, mint a kritikus infrastruktúra jelentős alkotó eleme terén.

HIVATKOZÁSOK

[1] Kimpián, Aladár: Villamosenergiarendszer-összeomlások Észak-Kelet Amerikában és Olaszországban 1. rész. Elektrotechnika, 97. évfolyam. 11. szám (2004) pp: 323-326.

[2] U.S-Canada Power System Outage task Force: Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations. April 2004.

<http://www.nerc.com/~filez/blackout.html> ,

ftp://ftp.nerc.com/pub/sys/all_updl/docs/blackout/ch1-3.pdf ,

ftp://ftp.nerc.com/pub/sys/all_updl/docs/blackout/ch4.pdf ,

ftp://ftp.nerc.com/pub/sys/all_updl/docs/blackout/ch5.pdf ,

ftp://ftp.nerc.com/pub/sys/all_updl/docs/blackout/ch6.pdf ,

ftp://ftp.nerc.com/pub/sys/all_updl/docs/blackout/ch7-10.pdf Letöltés dátuma: 2008.02.05

[3] Információ a DOE szervezetről (About DOE): <http://www.energy.gov/about/index.htm>
Letöltés dátuma: 2008.02.05

[4] Információ a FERC szervezetről (About FERC): <http://www.ferc.gov/about/ferc-does.asp>
Letöltés dátuma: 2008.02.05

[5] Információ a NERC szervezetről (About NERC): <http://www.nerc.com/about/> Letöltés dátuma: 2008.02.05