



Bozsik Nándor

A MAGYAR VILLAMOSENERGIA-RENDSZERT ÉRINTŐ HAVÁRIAESEMÉNYEK MENEDZSELÉSE

Absztrakt

A médiában megjelenő és sokszor hatásvadász hírek mellet fontos tisztában lenni, hogy valójában hol tart és mennyire felkészült a magyar villamosenergia-rendszer a krízis helyzetek megoldásában. Miként működnek együtt a magyar és a nemzetközi szervek ezen a területen. Milyen elvek mentén dolgoznak együtt a szakemberek a közös katasztrófa elhárítási forgatókönyveken. Mit tesznek meg a szakemberek azért, hogy a villamosenergia-ellátást érintő katasztrófák megelőzhetőek legyenek, vagy ha már bekövetkezett a katasztrófa, akkor azok minimális kárral járjanak.

Kulcsszavak: villamosenergia, katasztrófa, havária, nemzetközi együttműködés

MANAGEMENT OF EMERGENCY INCIDENTS AFFECTING THE HUNGARY'S ELECTRICITY SYSTEM

Abstract

In addition to the often influence-seeking news that appears in the media, it is important to be aware of where it actually stands and how prepared the Hungary's electricity system is in solving crisis situations. How Hungarian and international organizations cooperate in this area. According to what principles do professionals work together on common disaster prevention scenarios. What professionals do to prevent disasters affecting the supply of electricity, or, if a disaster has already occurred, to minimize damage.

Keywords: electricity, disaster, emergency, international cooperation



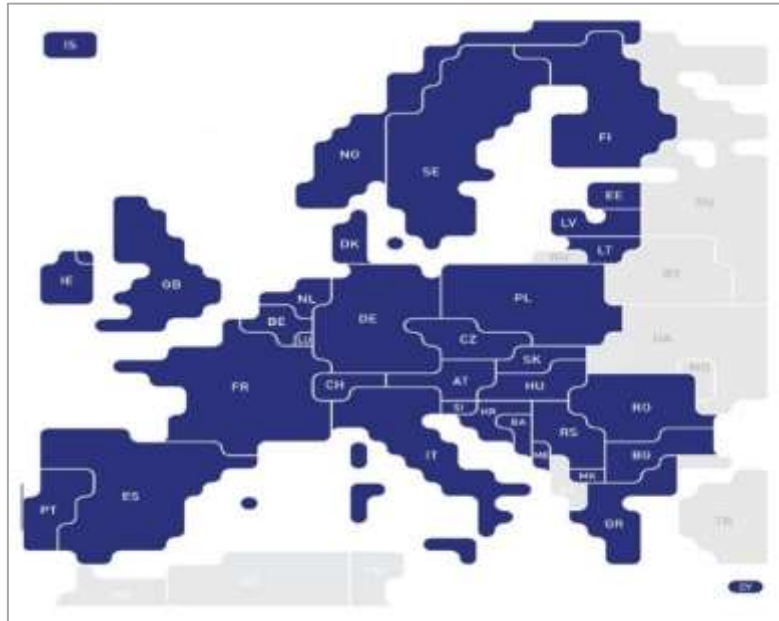
1. BEVEZETÉS

Az energiarendszereink és ezalatt nem csak a villamosenergia-rendszerünket kell érteni, új kihívásokkal kerültek szembe. Az egyik legfontosabb a klímaváltozás és az abból adódó környezeti tényezők megváltozása. Vannak olyan dolgok, amelyeket eddig csak archívumból ismerhetünk, ma már három-négyévente visszatérő időjárási szélsőségek és az ebből következő krízis helyzetek. Ilyen például a forró napok, villám-árvizek, szokatlan erőjű szélviharok, gyakoribb jégesők stb. számának növekedése. A másik jelentős kihívás, ami az energia infrastruktúráinkat érinti a növekvő energiaigény, amihez igazodnia kell a jelenlegi rendszereink áteresztő képességének. [1]

Fontos azt is tudni, hogy a magának az energiarendszernek és ez különösen igaz a villamosenergia-rendszerekre, a kiesésük önmagukban is katasztrófa helyzetet idézhetnek elő. Egy nagyobb régiót érintő tartós villamosenergia kiesés a többi fontos infrastruktúrát is magával *ránthatja*. Nem utolsó sorban foglalkozni kell a szándékos károkozással is, ezalatt legtöbbször a kibertámadást kell érteni, amely főleg a villamosenergia-termelésben és az átvitelben tudnak súlyos helyzeteket teremteni. A fentieket soroljuk a haváriaesemények közé, amely alatt általánoságban valamilyen természeti csapás vagy emberi tevékenység során előállt váratlan krízis-, vészhelyzetet (üzemzavar, üzemi baleset, katasztrófa stb.) értünk. [2]

2. A NEMZETKÖZI KAPCSOLATRENDSZER

A Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító (MAVIR) tagja a Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerüzemeltetők Európai Hálózatának (ENTSO-E), ami 39 villamosenergia-átviteli rendszerirányítót (TSO) egyesít Európa 35 országából (1. ábra). [3]



1. ábra Az ENTSO-E országai

Forrás: szerző szerkesztése, [3 p. 20]

2.1. A MAVIR és az ENTSO-E kapcsolata

A MAVIR Zrt. főtevékenysége – továbbiakban MAVIR – az alap- és a főelosztó hálózat felügyelete és azok biztonságos üzemeltetése. A rendszerirányító feladata a villamosenergia-rendszer zavartalan-, biztonságos működtetése, a teljesítmény egyensúlyának biztosítása és a nemzetközi összeköttetések rendelkezésre állását szolgáló célirányos tevékenységek összehangolása. [25] Ez a gyakorlatban a hálózati frekvencia 50 Hz-en tartását jelenti, normál esetben ± 20 mHz, üzemzavar esetén ± 200 mHz eltérést engedélyez, illetve folyamatosan felügyeli és irányítja a teljesítmény áramlásokat. A mindennapokban a diszpécserközpontokban dolgozók a rövid és hosszútávú menetredek alapján szabályozzák le, illetve fel a szabályozásban részt vevő erőműveket és döntenek a gyorsindítású erőművek rendszerbe állításáról. [4]

Az ENTSO-E fő célja az európai villamosenergia-átviteli rendszer megbízható működésének, optimális irányításának és fenntartható fejlesztésének elősegítése. A másik fő feladata az ellátásbiztonság és a belső villamosenergia-piaci igények kielégítése. Az ENTSO-E fogja össze az Átviteli Rendszerüzemeltetők Európai Hálózat (ETSO), a Kontinentális Európai Szinkron Hálózat (UCTE), a regionális szolgáltatói szövetségek: skandináv országok, balti országok,



Nagy-Britannia és Írország rendszerirányítóit. Az ENTSO-E fő bizottságai: piac; rendszerfejlesztés; rendszermunka koordináció; kutatás, fejlesztés és innováció; digitalizálás, és az egységes jogszabályozás. [5]

Mivel a magyar villamosenergia-rendszer (VER) az európai rendszer része, a rendszerirányítók további feladata az európai országok - különösen a szomszédos országok – diszpécserével történő kapcsolattartás, közös irányítás. Az ilyen nagy villamosenergia-rendszerek egyik előnye, hogy csökkenti a benne részt vevők sérülékenységet, azaz kevésbé érzékenyek egy-egy lokális üzemzavarra. Emellett hatékonyan támogatja az energiatőzsdét, a megújuló energiák elosztását stb. A MAVIR feladatainak köre folyamatosan bővül. Az egyre több megújuló energiaforrásokon alapuló kiserőművek számos, új szabályozási feladatot adnak a rendszerirányításnak. [6]

2.2. Az Európai Unió villamosenergia-ágazati kockázatokra való felkészülése

Az Európai Unió (EU) az új kihívásokra reagálva a 2005/89/EK irányelvet hatályon kívül helyezte és az új (EU) 2019/941 rendeletet alkotta meg. [26] [27] A rendelet céljai között van a lehetséges villamosenergia-ellátási válságok pontosabb definiálása, válságkezelési tervek elkészítése és a bekövetkezett válság kezelése. Célul tűzték ki, hogy ezek a tervek a szolidaritás, az átláthatóság, és az egyes országok piaci versenyképességi követelményeinek tiszteletben tartásának szellemében készüljenek. [7]

„A rendelet egyike annak a nyolc jogszabálynak a »Tiszta energia minden európainak« csomagban, amelyeket a Bizottság tett le az asztalra 2016 novemberében. Ez hozzájárul az Energiaunió kialakításához, így az EU versenyképes marad, és teljesíti a Párizsi Megállapodás kötelezettségvállalásait az éghajlatváltozás tárgyában.» [8]

2.3. Az ágazati rendelet főbb szempontjai

A regionális villamosenergia-ellátási válságforgatókönyvet határoz meg a rendszermegfelelőség, a rendszervédelem és a tüzelőanyag ellátásbiztonság területén. Közös módszertan alapján értékeli a villamosenergia-rendszer szezonális és a rövid távú megfelelőségét extrém időjárás esetén. Minden régióra a módszertan elfogadása után hat



hónapon belül el kell készülnie villamosenergia-ellátási válságforgatókönyvnek. A válságforgatókönyvet négy évente újra kell értékelni. [9]

A regionális villamosenergia-ellátási válságforgatókönyv figyelembe veszi a következő kockázatokat:

- ritka természeti veszélyeket,
- hirtelen jött veszélyeket,
- következményes veszélyeket, mint a kiber- vagy más rosszindulatú támadás és a tüzelőanyag ellátási hiányt is beleértve;

és tartalmazza:

- minden regionális és nemzeti körülményt,
- a határokon átnyúló kockázatokat és ezek egymásra hatását,
- válság szimulációkat,
- kockázatok hatás és valószínűség szerinti besorolását,
- információk átláthatóságát.

A hivatalos közzététel az ENTSO-E és az Energiaszabályozók Együttműködési Ügynöksége (ACER) weboldalain történik. [9]

2.4. A magyar villamosenergia-kockázati készülségi terv

A Magyar Energetikai- és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) dolgozta ki a villamos energia kockázati készülségi tervet, a villamosenergia-krízishelyzetek megelőzéséhez és kezelésükhöz szükséges cselekvési rendet. A hivatal a nemzeti villamosenergia-ellátási válságforgatókönyvek meghatározását követően az európai parlamenti és tanácsi rendelet 2019/941/EU 10. cikke alapján dolgozza ki a kockázati készülségi tervet. [21] A MEKH ezzel párhuzamosan iparági konzultációt is folytat az érintett ágazatokkal. [10] Az elkészült tervet, más tagállamok terveivel együtt még értékeli az Európai Bizottság, majd ezt követően a végleges tartalmat alkalmazzák a többi országgal egyetemben a hazai hatóságok, amelyet négyévente frissítenek, kivéve, ha a körülmények ezt gyakrabban nem indokolják. [11] A



jelenlegi válságforgatókönyv tizennyolc-féle villamosenergia-ellátást érintő körülményt tartalmaz, a kibertámadástól a világjárványon át a téli extrém időjárás hatásáig (1. táblázat). Ezek relevancia alapján kiemelt, illetve jelentős besorolást kaptak. [12]

	A válságforgatókönyv neve	K	J
Emberi okok	Rendszer-üzemeltető és kiemelt rendszerhasználó kritikus információ-kommunikációs technológiai infrastruktúrája ellen indított kibertámadások (TSO-k; DSO-k; erőművek és ipari nagyfogyasztók)	x	
	A kritikus eszközállományt/berendezéseket érintő fizikai támadás	x	
	A vezérlő központot érintő fizikai támadás	x	
	Fosszilis tüzelőanyaghiány (ideértve a földgáz hiányt is), lehet természeti ok is	x	
	A kiemelt beosztású személyzet túszul ejtése/fenyegetése/zsarolása		x
	Bennfentes támadás		x
	Valós idejű vagy valós időhöz közeli villamos energia rendszerirányításhoz szükséges kritikus információkommunikációs technológiai infrastruktúra kiesése		x
	A piaci menetrendezett áramlásokat nem követő fizikai áramlások miatt nem tervezett teljesítmény-áramlások		x
	Rendkívüli becslési hiba a megújulóenergia-termelésben		x
	Kiemelt ipari vagy nukleáris baleset, hónapokig vagy évekig tartó kieséssel		x
Természeti okok	Vihar		x
	Heves csapadék és áradás		x
	Téli extrém időjárási esemény		x
	Erdőtűz		x
	Világjárvány	x	
	Hőhullám	x	



	Száraz időszak	X	
	Földrengés	X	

K: kiemelt relevanciájú, J: jelentős relevanciájú

1. táblázat A nemzeti villamosenergia-ellátási válságforgatókönyvek (Forrás: szerző szerkesztése, [12 pp. 6-7])

3. A VER NORMÁL ÉS HAVÁRIA ÜZEMÁLLAPOTAI

A rendszerműködési irányelv (SO GL) 18. cikke alapján a villamosenergia-rendszerek üzemállapotai kerületek definiálására. [28] Az egyes üzemállapotok konkrét üzembiztonsági értékek alapján kerültek meghatározásra, amelyet a rendszerirányítók egyértelműen meg tudnak határozni. Ebben a keretrendszerben osztják meg egymással az információkat az egyes átviteli rendszeroperátorok. A rendszeroperátorok kötelesek valós időben tájékoztatni az átviteli rendszerük állapotát és folyamatosan jelenti a rendelet által meghatározott üzembiztonsági határértékek. [12]

A rendszer állapotát meghatározó főbb tényezők:

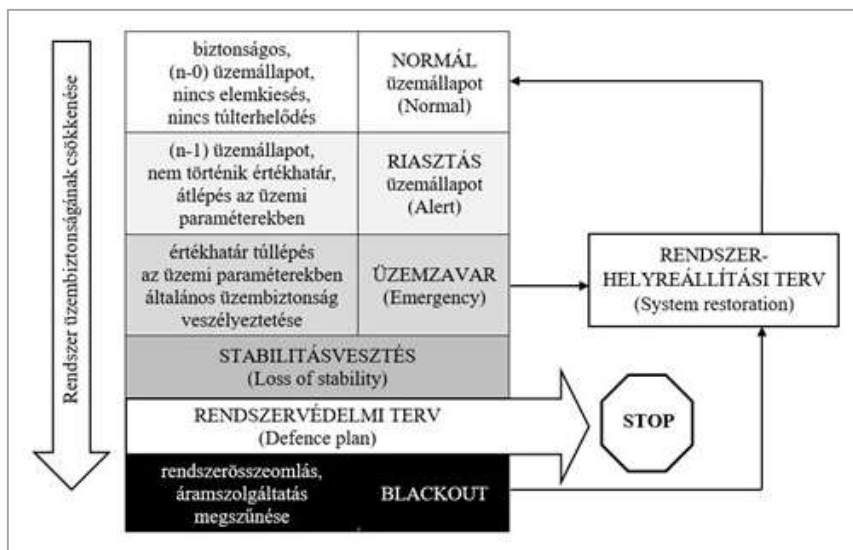
- teljesítményáramlások alaphelyzetben, $n-1^1$ esetben is,
- feszültségértékek alaphelyzetben, $n-1$ esetben is,
- rendszerfrekvencia-eltérés állandósult állapotban,
- rendelkezésre álló tartalék hatásos- és meddőteljesítmények,
- eszközök, módszerek és létesítmények rendelkezésre állása a SO GL 24. cikk (1) bekezdése szerint, [28]
- rendszervédelmi tervben szereplő intézkedések alkalmazása,
- felhasználói kiesés mértéke,
- helyreállítási terv végrehajtása. [12]

¹ $n-1$ elv azt jelenti, hogy a hálózat egy elemének kiesése nem okoz zavart az átvitelben



A rendelet a következő rendszerállapotokat különbözteti meg: normál-, riasztási-, vészhelyzeti-, rendszerösszeomlás- és helyreállítási állapotokat (2. ábra).

- **Normál állapotban** a VER fő üzemi paraméterei a frekvencia, a feszültség és a terhelési értékek az előírt értékek között vannak mind az alap, mind a túlterhelt üzemállapotokban.
- **Riasztás üzemállapotban** a VER fő üzemi paraméterei a határértéken belül vannak, de a túlterhelés miatt a rendszer a szomszédos rendszerekre kedvezőtlen hatással van. Ekkor a minimum egy túlterhelődéssel járó esetben az n-1 biztonság nem érvényesül. A rendszerirányító minden rendelkezésre álló intézkedést megtett.
- **Üzemzavar esetén** az állapotváltozók kívül esnek a tűréshatáron és a VER üzemállapota súlyosan kihat a szomszédos rendszer(ek)re. A frekvenciára, az átvitelre és a feszültségekre a határértékek nem teljesülnek. Veszélybe kerül a megbízhatóság.
- **Rendszerösszeomlás** – blackout – a hálózat olyan állapota, amikor a feszültség teljesen megszűnik, így nincs fogyasztói terhelés, az erőművi egységek „leválnak” a hálózatról és szigetüzemben (korlátozott ideig) működnek. A rendszerösszeomlás lehet részleges vagy a teljes villamosenergia-rendszert érintő.
- **Helyreállítási állapotban** a rendszer-helyreállítási terv lép életbe, az abban leírt forgatókönyv kerül végrehajtásra. [13]



2. ábra A villamosenergia-rendszer üzemállapotai

Forrás: szerző szerkesztése, [13 p. 4]



3.1. Rendszervédelmi terv

A rendszervédelmi terv egy esetlegesen bekövetkező – akár az egész kontinensre kiterjedő – üzemzavarra, kialakulásának megakadályozására, illetve a már bekövetkezett üzemzavar kezelésére és annak súlyosbodásának megakadályozására született intézkedési terv. A rendszervédelmi tervnek két fő intézkedési területe van, ezek a frekvenciaterv és a feszültségterv. Az intézkedések lehetnek automatikus és manuális aktiválásúak. A beavatkozásra akkor kerül sor, amikor a frekvencia-, illetve feszültség érték a meghatározott üzembiztonsági határon kívülre kerül. Az alapvető két beavatkozási csoporton felül a terv előírja a zárlathárításra, a relévédelmi automatika rendszerre és a rendszerközi lengésekre vonatkozó intézkedéseket is. [12]

3.2. Rendszerhelyreállítási terv

A rendszerhelyreállítási terv tartalmazza azon rendszerirányítói tevékenységeket, amelyek ahhoz szükségeltetnek, hogy helyreállítsa a villamosenergia-rendszer normál üzemét rendszerüzem-zavar vagy rendszerösszeomlás után. A terv tartalmazza, hogy milyen intézkedések mentén tesz lépéseket a TSO a normál üzemállapot helyreállítása érdekében. A rendszerhelyreállítás módszerei:

- a felülről való építkezés, a helyreállítás nagyobb részt a szomszédos villamosenergia-rendszerekre támaszkodik,
- az alulról való építkezés, a helyreállítás a belső források igénybevételével történik, például a Black Start erőművek indításával. [12]

3.3. Black Start

A *black start*, más néven a nulláról való indítás képessége, minden elektromos nagy hálózat fontos része, amely szükséges a biztonságos, megbízható és rugalmas működéséhez. Ez az elektromos rendszer-helyreállításának kritikus rész, amely központi szerepet játszik a rendszerüzemeltetők terveiben. Az ilyen rendszerek képesek az elektromos hálózatot újra



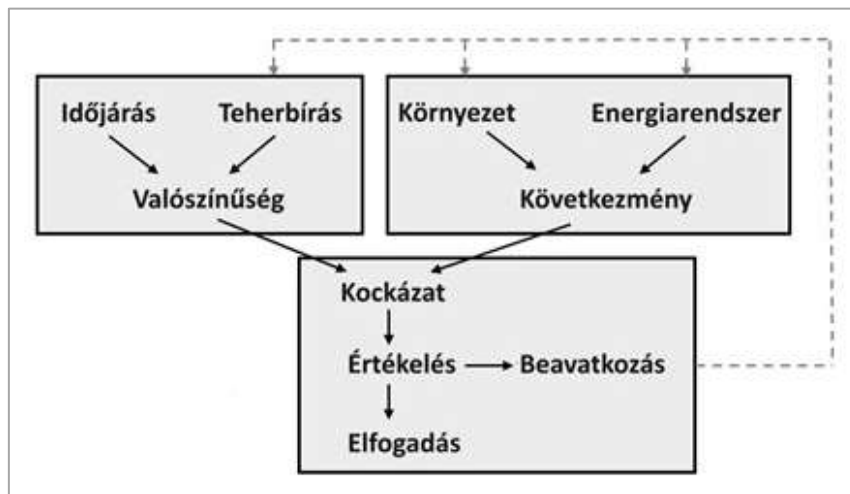
felépíteni, úgy, hogy az elszigetelt erőműveket beindítják és a megfelelő protokoll mellett összekapcsolják, hogy azok újra egy rendszert alkossanak. [14]

A nagy villamos hálózatokban az indítási szolgáltatást generátorok adják, amik egy segédgenerátor közreműködésével indíthatók, más külső segítséget nem igényelnek. Ezek olyan váltakozó feszültségű és frekvenciájú hullámformát hoznak létre a hálózaton, amelyre később a hálózat többi tagja rá tud csatlakozni. [15]

4. A VER KOCKÁZAT FELMÉRÉSE ÉS MENEDZSELÉSE

Ahhoz, hogy feltudjunk készülni különleges eseményekre vagy azok megelőzésére, elhárítására a lehető legtöbb információra van szükségünk. Ezeknek az információknak egy része ismert, például a rendszerünk teherbíró képessége, ellenállása stb. Ezekre fel tudunk készülni, tudjuk fejleszteni ellenálló képességüket, ha pedig mégis bekövetkezik valamilyen súlyos esemény a fejlesztéseknek köszönhetően csökkenthetők a károk. Vannak azonban olyan tényezők, amikkel kapcsolatban csak a bekövetkezés valószínűségét tudjuk meghatározni, ilyen az időjárás is és az azzal szorosan összefüggő események, mint például az árvizek.

A következmények és a valószínűségek ismeretében számolhatunk adott szituációkra kockázatokat (3. ábra). Természetesen a cél a minél kisebb kockázat elérése, de ennek vannak határai, hiszen a legtöbb esetben a költségek korlátot szabnak. Ezért fontos, hogy ezek között az egyensúlyt megtaláljuk. Azaz észszerű költségek mellett a kockázatok minimalizálásával, illetve minimális kockázat vállalása mellett a lehető legkisebb költségekkel valósítsuk meg a védelmi intézkedéseket. [16]



3. ábra Kockázatfelmérés és menedzselés

Forrás: szerző szerkesztése, [16 p. 6]

4.1. Következmény

Az átviteli hálózatokra jelentős kihívást és terhet jelent a havária helyzethez vezető események közül az időjárás okozta rendkívüli események. Ezek az időjárási események egyre szélsőségebbek és gyakoribbak. Ezek ma már bizonyítottan összefüggenek az egész Földre kiterjedő éghajlati változásokkal. [17]

A villamosenergia-rendszerben időjárás okozta katasztrófa leginkább a távvezetékeket érinti. Ezek a távvezetékek a hó-, jég- és szélterheléseknek vannak kitéve. A szabvány a tervezésüket mindig a kor kitettségének függvényében határozza meg. A számában és mértékében megnövekedett szélsőséges időjárás viszonyok hatványozottan növelik a meghibásodás és a kiesés valószínűségét. A cél mindig a villamosenergia-átvitel minőségi és mennyiségi átvitelének fenntartása. A tervezés során az n-1 elvet követik. Amennyiben nem követelnék meg egyre szigorúbb elvárásokat a hálózatainktól, úgy a nem szigorított követelmények mellett nőne a meghibásodások, kiesések valószínűsége. A haváriaesemények, így egyszerre több távvezeték kiesésével is járhatnának, súlyos esetben üzemzavarhoz is vezethetnének. A MAVIR célja az ellátás biztonság fenntartása, ezért mindent megtesz, hogy ellenállóbbá tegye az átviteli hálózatot. Több szempontot is figyelembe véve (például az n-1 elv és a legkisebb költség elve) a MAVIR terveket készít, amelyeket a MEKH vizsgál, majd ezek alapján hozza



meg a villamosrendszerre vonatkozó döntéseit. A meghibásodásokat következményeik alapján a következő csoportokra szokták bontani:

- helyi, lokális - például kidőlt távezeték oszlop, transzformátor tűz,
- térségi, regionális - nagy kiterjedésű fogyasztói terület energiaellátásának megszűnése,
- teljes - rendszerszintű vagy részleges hálózatra kiterjedő zavar.

4.2. Valószínűség

A távvezetékek tervezésnél korábban alkalmazott determinisztikus MSZ 151 szabványt felváltotta a megbízhatósági alapú MSZ EN 5034 szabvány. A 2014-ben módosult szabvány az Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság (CENELEC) szabványát vette alapul és elkészült hozzá a nemzeti kiegészítő szabvány is. Az újonnan bevezetett szabványnak nincs visszamenőleges hatálya. [16 p. 15]

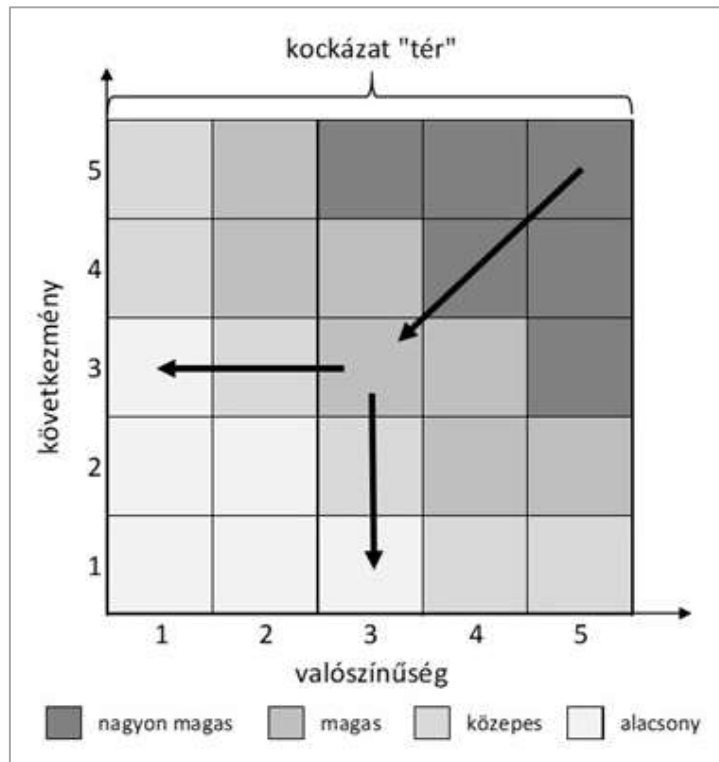
Az új szabvány lehetővé teszi az 50 éves visszatérési hatások figyelembe vétele mellett a magasabb 150, illetve az 500 éves visszatérési idejű biztonsági szint megválasztását, amely a sérülékenység szempontjából kisebb kockázatúvá teszi a hálózatot. Érthető módon a régi szabványra tervezett rendszer elemek nem érik el a ma kívánatos szintet. Ezek növeléséhez szükség van az aktualizált környezeti adatokra, ilyenek a gyakoribbá váló szél-, a széllökés terhelés, a hó, a jég, a zúzmara terhek ismeretére és hatására. Fontosak a nemzetközi szakmai szervezetek ebben a témakörben végzett eredményeinek hasznosítása. A jelenlegi szabvány nem ad előírásokat a szélsőséges időjárások okozta terhelések figyelembevételére, ugyanakkor több üzemzavar is ilyen jelenségre vezethető vissza. Indokolt tehát a hazai és a nemzetközi kapcsolatok során a kockázat-elemzési projektek összehangolása és a tapasztalatok megosztása.

4.3. Kockázat

A kockázatok alatt értjük a valószínűségek és a következmények szorzatát. A következmények alatt többféle dolgot is érthetünk, mint pl. közvetlen kárt, de érthetünk ez alatt például kiesett villamosenergiát is. „... a New Yorkban 1977-ben bekövetkezett üzemzavar[ral járó] [...] kár 100-szorosa volt a kiesett villamosenergia árának.” [16 p. 26]



A 4. ábra azt mutatja, hogy a kockázatok módosítása lehetséges a valószínűségek és a következmények mérséklésével, vagy ezek kombinációjával. [18]



4. ábra A kockázat csökkentése

Forrás: szerző szerkesztése, [18 p. 16]

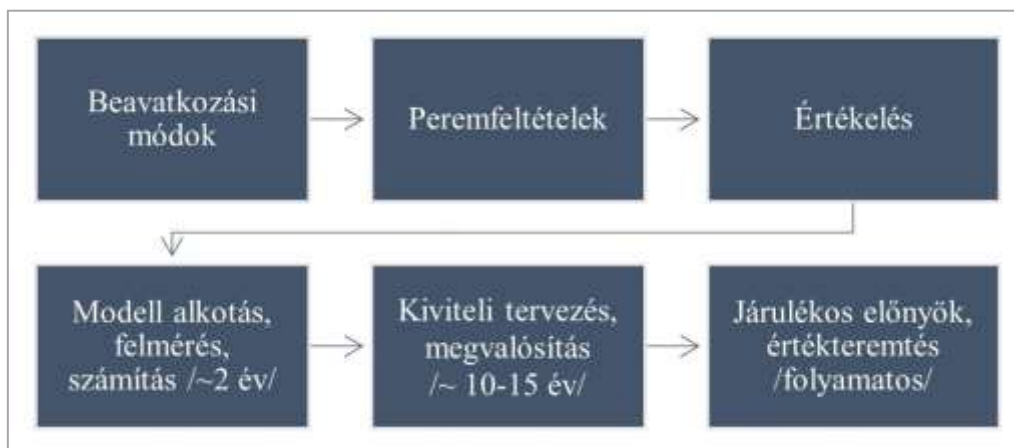
- **Nagyon magas:** kritikus kockázatú, azonnali figyelmet igényelnek. Lehet magas vagy alacsony értékű előfordulásuk valószínűsége, de lehetséges következményeik olyan súlyosak, hogy muszáj a legmagasabb prioritásként kezelni ezeket. Konkrét stratégiákat kell kialakítani, amelyek csökkentik vagy megszüntetik a kockázatot. Több szervezetre kiterjedő terveket kell megfogalmazni a kockázatok mérséklésére, arra az esetre, ha ilyen esemény megtörténik.
- **Magas:** jelentősnek minősítve. Lehet nagy vagy alacsony az előfordulási valószínűségük, de a lehetséges következményeik kellően súlyosak ahhoz, hogy megfelelő mérlegelést, intézkedést indokoljanak.
- **Közepes:** kevésbé jelentős, de rövidtávon zavart és/vagy kényelmetlenséget okozhat.



- **Alacsony:** nem valószínű, hogy előfordulnak, és/vagy hatásuk nem jelentős. Kezelní kell őket normál vagy általános tervezési megoldások alkalmazásával. [18]

4.4. Beavatkozás

Az optimális beavatkozási mix keresése elején meg kell határozni a peremfeltételeket, mint pl. kikapcsolási módozatok (5. ábra). Ismernünk kell a szóba jöhető lehetőségeket. Tudnunk kell a kritikus idő tényezőket, amelyekkel katasztrófa esetén számolnunk kell.



5. ábra A beavatkozási folyamat elemei és időigényei

Forrás: szerző szerkesztése, [16 pp. 30-31]

A folyamat végén pedig ki kell értékelni a lehetséges változatokat, a kivitelezési időigényeket, a költségeket és a hálózat módosításával létrejövő vagy megszűnő funkciókat. Összegezni kell a módosítások során létrejövő előnyöket és hátrányokat, a jövőben pedig ezek alapján folytatni a fejlesztéseket. [16] Az előbbieken túl érdemes fontolóra venni a hibalehetőség- és a hatáselemzés (FMEA) alkalmazását, amellyel nem csak az üzemeltetési folyamat, hanem a szolgáltatás és az adminisztráció területén is minimalizálható a jövőbeli kockázat. [19]



5. VILLAMOS HAVÁRIAESEMÉNYEK A VILÁGBAN

Hogy mennyire valós egy hazai villamos havária bekövetkezésének valószínűsége, azt jól mutatja a 2. táblázat. Ebből jól látható, hogy a földrajzi elhelyezkedéstől, az ország méretétől, a lakosság számától és az ország gazdasági helyzetétől függetlenül bekövetkezhet. Sőt van, ahol ismételten is, lásd USA, Kanada vagy Pakisztán esetét.

ssz.	ország(ok)	időszak	érintettek száma (millió fő)	teljes lakosság (millió fő)
(1)	Kanada, Egyesült Államok	1965.11.09.	30	214
(2)	Egyesült Államok	1977.07.13	30	220
(3)	Kanada	1989.03.13	6	27
(4)	Brazília	1999.03.11. – 06.22.	97	172
(5)	India	2001.01.02.	230	1075
(6)	Fülöp-szigetek	2001.04.07.	35	80
(7)	Fülöp-szigetek	2002.05.21.	40	81
(8)	Olaszország, Svájc	2003.09.28.	56	65
(9)	Kanada, Egyesült Államok	2003.08.14 – 28.	55	322
(10)	Indonézia	2005.08.18.	100	226
(11)	Brazília, Paraguay	2009.11.10 – 20.	60	200
(12)	India	2012.07.30 – 31.	620	1266
(13)	Banglades	2014.11.01.	150	155
(14)	Pakisztán	2015.01.26.	140	199
(15)	Törökország	2015.03.31.	70	79

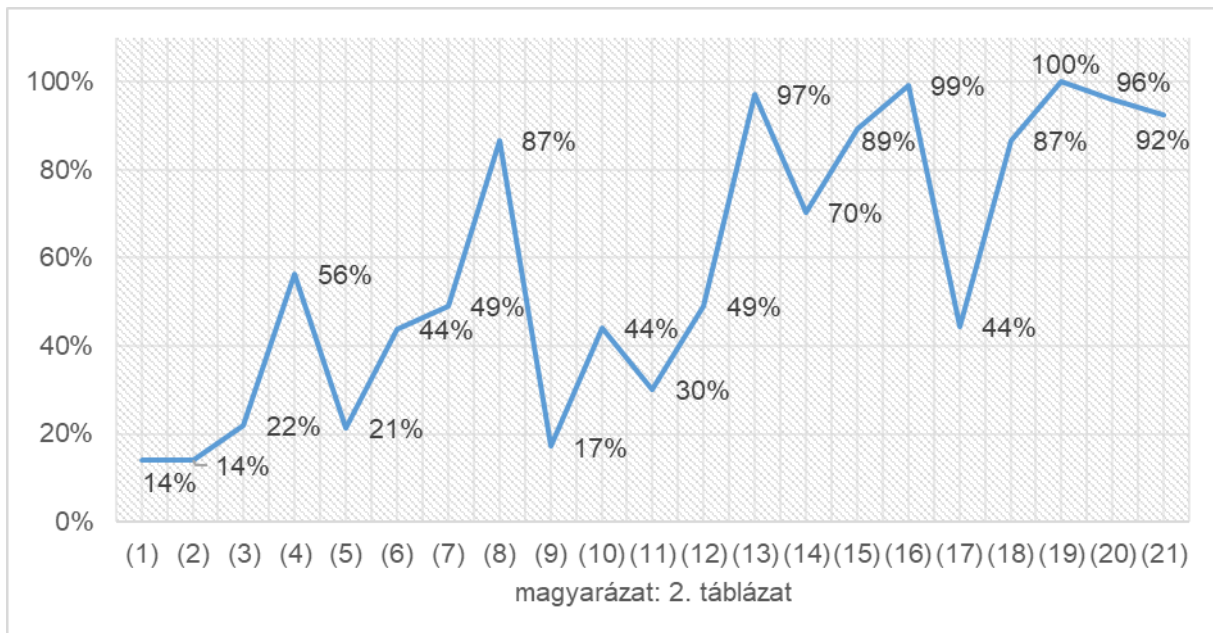


(16)	Sri Lanka	2016.03.13.	21	21
(17)	Indonézia	2019.08.04 – 05.	120	271
(18)	Argentína, Uruguay	Paraguay, 2019.06.16.	48	55
(19)	Venezuela	2019.03.07. – 07.23.	30	30
(20)	Sri Lanka	2020.08.17.	21	22
(21)	Pakisztán	2021.01.09.	200	217

2. táblázat A nagyobb áramkimaradások a világban 1965-2021 között

forrás: szerző szerkesztése, [20] [21] [22]

Azt gondolnánk, hogy a technika fejlődésével az ilyen mértékű áram kimaradásokra nem vagy egyre ritkábban kerül sor. Eközben ezek gyakorisága nem csökken. Sőt, a lakosság- és főleg a népsűrűség növekedésének következtében az érintettek száma egyre nő (6. ábra). Ez betudható annak is, hogy a hálózatok bonyolultsága és terhelése egyre nagyobb mértékű. Közben a hálózatok rugalmassága ezeket nem követi eléggé. Számos esetben a termelés túlságosan centralizált, nagy egység teljesítményű generátorok/erőművek alkotják. Ezért egyes kieső elemek nagy teljesítmény kiesést okoznak.



6. ábra A világ nagy áramkimaradásaiban érintettek lakosságaránya

Forrás: szerző számítása, szerkesztése 2. táblázat adataiból

Magyarország ugyan eddig kimaradt egy ilyen villamosenergia összeomlásból, de a 2003-as olaszországi és svájci nagy áramkimaradás hálózat szempontjából tulajdonképpen itt volt a „szomszédban”. Aggasztó a legutóbbi 2021. január 8-án történt „majdnem blackout” esemény, amely egész Európát érintette. Ezen a napon 14:05-kor az európai szinkronzóna két részre szakadt, mikor igen rövid idő alatt több átviteli hálózati elem meghibásodott. Az ENTSO-E jelentése (horvátországi) Ernestinovo alállomás 400 kV-os gyűjtősíncsatoló túláramvédelméről számolt be. A két gyűjtősín lekapcsolódott és ezzel megszakadt Európában a kapcsolat az észak-nyugati és a dél-keleti területek között. A védelem működésekor a villamosenergia terhelés a szomszédos vezetésekre kerültek át, amik így szintén túlterhelődtek. Ezután másodpercekkel később Subotica – Novi Sad vezeték is lekapcsolódott és rendszerbomlás következett be. A szinkronzóna két részre vált, az észak-nyugati területen 6300 MW teljesítmény hiány, a dél-keleti területen közel ekkora mértékű többlet keletkezett. Ezért északnyugaton frekvenciacsökkenés, míg délkeleten frekvencia növekedés jött létre a hálózatban.

Az védelmi intézkedések során franciaországi és olaszországi szolgáltatásokat választottak le, ezzel egyidejűleg automatikusan teljesítménytartalékok aktivizálódtak az északi és a



nagy-britanniai szinkron területeken. Ezekkel az intézkedésekkel biztosították, hogy a frekvencia eltérés 0,1 Hz alá csökkenjen.

A délkeleti térségben automatikus és kézi ellenintézkedéseket aktiváltak a frekvencia csökkentése érdekében. Ezért Törökországban egy 975 MW-os blokkot is leállítottak. Így ezen a területen visszaállt a frekvencia érték a szabályozási határértéken belülre.

Az európai átvitelhálózatot üzemeltetők összehangolt munkája és az automatikus védelmi működések biztosították, hogy az üzemi működés gyorsan helyre álljon. [21] [23] [24]

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Nem lehet elégszer hangsúlyozni az együttműködés fontosságát Európa más országaival. Ez alatt nem csak az összekapcsolt villamosenergia-hálózat üzemét kell érteni, hanem a tapasztalatok kölcsönös megosztását és katasztrófa esetén egy előre közösen kidolgozott forgatókönyv alapján történő intézkedéseket. A fejlesztésekben nagy segítséget tud jelenteni más országok ismeretei, illetve azok katasztrófa helyzetben adott válaszainak kiértékelése és adaptálása a hazai viszonyokhoz. Fontos ezek figyelembevétele a rendszerek karbantartása és fejlesztése során.

A katasztrófa helyzetekre vagy azok megelőzésére való felkészülés fontos eleme, hogy birtokában kell lenni elegendő és megfelelő információval. Mindig ismerni kell a rendelkezésre álló eszközöket, személyi állományt. Folyamatos kapcsolatot kell tartani a többi rendszerirányítóval, hiszen sok katasztrófa esemény határokon átívelő. Teljes képpel kell rendelkezni a fogyasztók és termelők üzemi állapotáról. Szükséges a térinformatikai rendszerek alkalmazása, pontosan tudni kell hol, mikor és mi történik. A beavatkozásban kiemelt szerepet kapnak más szervek a rendőrség, a katasztrófavédelem stb. Állandó kapcsolatot kell fenntartani a meteorológiai- és az útinform intézeteivel. A katasztrófavédelmi forgatókönyveknek mindig naprakésznek kell lenniük, folyamatosan vezetni kell a rendszerben történt változtatásokat. Szükség van helyreállítási tervekre, mivel ezek csökkentik a mielőbbi zavartalan állapot visszaállítását, ezzel csökkentve a károkat.



HIVATKOZÁSOK

- [1] Magda Róbert - Bozsik Norbert - Meyer, Natanya: An evaluation of gross inland energy consumption of six Central European countries. Journal of Eastern European and Central Asian Research 6:2 pp. 270-281. (2019)
<https://www.ieeca.org/journal/index.php/JEECAR/article/view/291>
(letöltés ideje: 2022.12.16.)
- [2] Jeruska József - Szakál Béla - Lévai Zoltán: Termék távvezeték veszélyhelyzet-kezelési gyakorlatok vizsgálata II., Védelem Tudomány, V. évf. 3. sz. - 2020. július
- [3] Kölbel, Lena - Kölbel, Thomas - Schlagermann, Pascal - Angelino, Luca & Dumas, Philippe. (2013). Report of GeoElec project: Deliverable 2.4 Technical Report on Grid Access...
https://www.researchgate.net/publication/341625987_Report_of_GeoElec_project_Deliverable_24_Technical_Report_on_Grid_Access (letöltés ideje: 2022.12.11.)
- [4] Göcsei Gábor: Üzemlátogatás a MAVIR ZRt. Hálózati Üzemirányító Központjában és Diszpécseri Tréning Szimulátorában, Energetikai Szakkollégium
https://www.eszk.org/attachments/v51/besz/mavir_beszamolo.pdf (letöltés ideje: 2022.12.11.)
- [5] Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.: Informacje o ENTSO-E
<https://www.pse.pl/wspolpraca-miedzynarodowa/informacje-o-entsoe>
(letöltés ideje: 2022.11.14.)
- [6] MVM: Integrált jelentés 2020. <https://mvm.hu/-/media/MVMHu/Documents/Media/Mediatartalmak/Jelentesek/EvesJelentes2020/MVM-Integralt-jelentes-2020.pdf> (letöltés ideje: 2022.11.15.)
- [7] Meyer, Natanya - Magda Robert - Bozsik Norbert: The role of renewable energies in the new EU member states. Journal of Eastern European and Central Asian Research 8:1 pp. 18-25. (2021) <https://ieeca.org/journal/index.php/JEECAR/article/view/536> (letöltés ideje: 2022.12.14.)
- [8] Faragó Tibor: A párizsi klímátárgyalások eredményei, Magyar Energetika, 2016: (1) pp. 8-12.



- [9] EUR-Lex: A villamosenergia-ágazati kockázatokra való felkészülés /összefoglaló/, 2019., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:4404052&from=HU> (letöltés ideje: 2022.11.11.)
- [10] MEKH: Villamosenergia kockázati készütségi terv, 2022, <http://www.mekh.hu/villamos-energia-kockazati-keszultsegi-terv> (letöltés ideje: 2022.11.14.)
- [11] Portfólió: Mi van, ha egy kibertámadás, vagy óriásvihar miatt összeomlik a magyar villamosenergia rendszer? - Egy új terv ezekre is gondolt, 2022. január 4. <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20220104/mi-van-ha-egy-kibertamadas-vagy-oriasvihar-miatt-osszeomlik-a-magyar-villamosenergia-rendszer-egy-uj-terv-ezekre-is-gondolt-519394> (letöltés ideje: 2022.11.09.)
- [12] MEKH: Kockázati készütségi terv, A kockázati készütségi rendelet 10. cikke szerint került kidolgozásra, Végleges verzió: 2022.01.04. http://www.mekh.hu/download/9/1c/01000/HU_kockazati_keszultsegi_terv_v%C3%A9gleges_2022%20janu%C3%A1r.pdf (letöltés ideje: 2022.11.05.)
- [13] Zerényi József: Rendszer-üzemzavarok és az üzemzavarokhoz vezető helyzetek elemzésének eszközei, módszerei, Energetikai Szakkollégium, 2002. https://www.eszk.org/attachments/1211/besz/black_out_beszamolo.pdf (letöltés ideje: 2022.11.07.)
- [14] Berek Lajos - Vass Attila: Gázturbinás erőműi objektum védelme, Hadmérnök, X. évf. 2. sz. - 2014. június
- [15] Seo, Gab-Su: Black Start, NREL, 2022. <https://www.nrel.gov/grid/black-start.html> (letöltés ideje: 2022.12.05.)
- [16] Kovács Gábor - Tártsy Péter: A nagyfeszültségű átviteli hálózat klímaváltozással kapcsolatos kockázatainak felmérése és menedzselése, 44. Meteorológiai Tudományos Napok, Budapest, 2018. november 22-23. <https://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2018/19-Kovacs-Tarcsy.pdf> (letöltés ideje: 2022. 12. 21.)
- [17] Kindert Judit (szerk.): Szélsőséges időjárási jelenségek Európában és hatásuk a nemzeti, valamint az uniós alkalmazkodási stratégiákra, EASAC 22. sz. szakpolitikai jelentés, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 2014.



https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Extreme_Weather/Extreme_Weather_Hungarian.pdf (letöltés ideje: 2022.12.05.)

[18] Owens, Christopher: The Blackout report, 2019, https://www.theblackoutreport.co.uk/wp-content/uploads/2023/01/blackout_report.pdf (letöltés ideje: 2023.01.05.)

[19] Takács István: Termelés és értékesítés elemzése: Minőség-, minőségköltség elemzése, Gazdasági elemzés /Elméleti jegyzet/, Debrecen, 2013, 78-94. ISBN 978-615-5183-69-0

[20] Vass Attila - Maros Dóra - Berek Lajos: Veszélyhelyzeti infokommunikáció az energetikai black out alatt, Bolyai szemle 2015/2

[21] Chris Owens: The Blackout report, Biggest Blackouts In History: Italy 2003, <https://www.theblackoutreport.co.uk/2021/09/28/italy-blackout-2003/> (letöltés ideje: 2023.01.05.)

[22] PoputaionStat, <https://populationstat.com/> (letöltés ideje: 2022.12.01.)

[23] Hárfás Zsolt: A kapacitáshiány és megújulók, Villanyszerelők Lapja, 2021. 5. szám

[24] Aszódi Attila (szerk.), Rendszerbomlás január 8-án, Magyar Energetika, 2021/1. sz.

JOGI HIVATKOZÁSOK

[25] 2007. évi LXXXVI. törvény, 3. §., 51., <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700086.tv> (letöltés ideje: 2022.12.05.)

[26] 2005/89/EK rendelet, <https://jogkodex.hu/doc/8357996> (letöltés ideje: 2022.12.05.)

[27] 2019/941 Európai Parlament és EU Tanács rendelete, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0941&from=EL> (letöltés ideje: 2022.12.05.)

[28] 2017/1485 EU Bizottság, EU rendelete, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1485&from=NL> (letöltés ideje: 2022.12.05.)



Bozsik Nándor doktorandusz

Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

Óbudai University Doctoral School on Safety and Security Sciences

bozsik.nandor@uni-obuda.hu

ORCID: 0000-0002-6798-3844