

Fenntartható biztosítóberendezési biztonság: a biztonsági szint biztosítása kockázati indexen alapuló módszerrel

Szabó Géza*, Gelányi Gyula**, Rózsa Gábor***

*BME Közlekedésautomatikai Tanszék
Budapest (Tel: (1) 463-1013; e-mail: szabo.geza@mail.bme.hu).
** PowerQuattro Zrt.
Budapest (Tel: (1) 402-2080; e-mail: pqinfo@powerquattro.hu).
*** SZE Automatizálási Tanszék
Győr (Tel: (96) 503-400/ 3216; e-mail: rozsa@sze.hu).

Absztrakt: A cikkben a szerzők bemutatják, hogyan alkalmazhatóak a kockázati index alapú módszerek a vasúti biztosítóberendezések biztonsági kockázatainak feltárására, és ezen keresztül a biztosítóberendezések biztonsági szintjének folyamatos szinten tartására. A vasúti biztosítóberendezések hagyományosan biztonságkritikus rendszerek, és ma már fejlesztésük, létrehozásuk csak szigorú biztonságmenedzsment elvek alkalmazásával lehetséges. E biztonságmenedzsment alkalmazásoknak ki kell (ki kellene) terjednie az életciklus minden szakaszára, különös tekintettel az üzemeltetés fázisára - azonban amíg a fejlesztési fázis biztonságmenedzsmentje módszertanilag jól megalapozott és szabványokkal kellően támogatott, addig az üzemeltetési fázisban elvégzendő biztonsági tevékenységek támogatottsága csekély. E hiányt igyekeznek enyhíteni a cikk egy, az általános funkcionális biztonság fenntartására már elterjedten alkalmazott és jól bevált módszer biztosítóberendezési alkalmazásának javaslatával és alkalmazásának példával történő demonstrálásával.

1 BEVEZETÉS

A biztonságkritikus alkalmazások (pl. nukleáris erőművek védelmi rendszerei, egyéb erőművi vezérlőrendszerek vagy akár vasúti technikában alkalmazott vezérlőrendszerek, jelző- és biztosítóberendezések) egyik fontos jellemzője az általuk megvalósított biztonsági szint. A technika korai szakaszában a biztonsági szint meghatározására nem voltak objektív módszerek, ezért jellemzően túlbiztosítással dolgoztak a tervezők, és korábbi tapasztalatokon (akár korábbi káresemények után levont tapasztalatokon) alapuló szabályok mentén folyt a tervezés és üzemeltetés.

Napjainkban azonban egy adott rendszer által megvalósított biztonság szintje (un. biztonságintegritása) jól meghatározható, és e mellett kialakultak azok a technikák is, amelyek egy adott alkalmazásban képesek megállapítani (vagy inkább megbecsülni) a minimálisan elvárható, és így megvalósítandó biztonság szintjét is. Ez lehetővé tette az adott biztonságra tervezés megvalósítását (tehát a rendszerek optimális esetben csak annyira biztonságosak, amennyire az elvárás - ne feledjük, hogy a biztonság növelése is gazdasági erőforrásokat igényel). A tervezés, rendszerlétrehozás fázisa tehát kiemelten fontos egy biztonságkritikus, nagy biztonságú rendszer életében, de egyre nagyobb figyelem fordul a rendszerek üzemeltetési szakaszára is, hiszen a tervezéskor, gyártáskor, létrehozáskor elért biztonsági szintet folyamatosan fenn is kell tartani.

A biztonsági szint folyamatos fenntartása mellett problémaként jelentkezik az, hogy a korszerű elveken alapuló, adott

biztonságra tervezett, biztonságában meg is igazolt rendszereket még sokáig együtt kell működtetni olyan rendszerekkel, amelyeknél e korszerű elvek még nem kerültek alkalmazásra, és így biztonságuk objektív megítélésére sem került sor.

Cikkünkben az üzemeltetési fázis biztonsági kérdései közül a biztonság fenntartását elemezzük, és egy általánosan alkalmazott módszer segítségével javaslatot adunk a biztosítóberendezési rendszerek időszakos biztonsági felülvizsgálatára. Cikkünk egy korábbi K+F munka eredményeit ismerteti [1].

Cikkünk felépítése a következő: a második fejezetben röviden ismertetjük a vasúti biztosítóberendezések területén alkalmazott korszerű biztonságmenedzsment elveket (hangsúlyoznunk kell, hogy ezek az elvek kicsit általánosítva alkalmazhatóak, illetve alkalmazásra is kerülnek a funkcionális biztonságot érintő más ipari területeken is). A harmadik fejezetben röviden ismertetjük a javasolt módszert, a kockázati index módszerét, majd a negyedik fejezetben egy példán keresztül javaslatot adunk az alkalmazásra. A példa a ferrozonáns inverterekhez kapcsolódik, a jobb érthetőség érdekében e fejezetben röviden megadjuk a szükséges háttérinformációkat is. Cikkünk ötödik fejezete általánosítja a példa tapasztalatait.

2 VASÚTI BIZTOSÍTÓBERENDEZÉSEK BIZTONSÁGMENEDZSMENTJE

A vasúti biztosítóberendezések alkalmazásának a célja a vasúti közlekedésben (az ember által irányított, ill. megvalósított közlekedésben) rejlő baleseti veszélyek csökkentése, minima-

lizálása. E feladatukat a biztosítóberendezések több mint száz éve látják el, így jelentős biztosítóberendezési kultúra alakult ki szerte a világon.

Napjainkban e területen is kötelező az adott biztonságra tervezés: az alkalmazás előtt meg kell vizsgálni, az alapfolyamatban milyen veszélyek, milyen lehetséges veszteségek mutathatók ki, majd fel kell állítani valamilyen globális (a társadalom által elfogadható) veszteségi értékelési rendszert (más szóval: meg kell határozni, a társadalom mekkora veszteségeket tolerál), amely alapján az adott rendszerben lévő veszélyekhez megengedhetőségi értékeket lehet rendelni. Az így kapott értékeket nevezik eltűrhető veszélyességi rátának (Tolerable Hazard Rate, THR) [2,3].

A gyártó a rendszerfunkciókat megvalósító hardverét a hardver véletlen meghibásodások figyelembe vételével úgy tervezi meg, hogy a véletlen meghibásodások ne okozzanak az előzőek alapján meghatározott gyakoriságnál sűrűbb veszélyeztetést. Fontos eleme az adott biztonság elérésének, hogy nem csak a hardver véletlen meghibásodásából származó veszélyeket kell adott szinten tartani, hanem az emberi (un. közös okú) hibák mértékét is, amelyek tervezési, gyártási stb. hibákat jelentenek. E hibavédelem azonban már csak kategorizáltan valósítható meg (biztonságintegritási szint, Safety Integrity Level, SIL), a kategorizálás többnyire szigorúan kapcsolódik a THR értékekhez.

A biztonságmenedzsment rendszerek feladata a fenti folyamat biztosítása, illetve annak életciklus-fázisoka gyakorolt hatásainak végrehajtható mederben tartása [5,6]. Ez nagy vonalakban az alábbiakat jelenti:

- a rendszer életciklusának, életciklus fázisainak menedzselése,
- a rendszer életciklus-fázisaiban áramló információ menedzselése (többnyire dokumentáción keresztül),
- a folyamatban részt vevők kompetenciájának és személyi függetlenségeiknek kezelése,
- a belső ellenőrzések (verifikációk és validáció) kezelése.

A biztonságmenedzsment rendszereknek fel kell ölelniük nem csak a gyártás, létrehozás fázisait, de a teljes életciklust, ideértve különösen az üzemeltetés igen hosszú életciklusát is. Ezen életciklus számára azonban igen szegényes az eszközkészlet, összehasonlítva a fejlesztési szakasz biztonsági aspektusából vett definiáltságával. Minden, e fázisban végrehajtható biztonsági vizsgálat, elemzés nagy segítség lehet a biztonsági szint fenntartásában.

3 KOCKÁZATELEMZÉS AZ ÜZEMELTETÉS FÁZISÁBAN

3.1 A kockázatelemzés szükségessége

Az üzemeltetés fázisában - csakúgy, mint a fejlesztési szakaszban - folyamatosan vizsgálni kell az esetlegesen felmerü-

lő kockázatokat. E kockázatok azonban egészen más forrásokból származhatnak, mint a fejlesztési szakaszokban.

Első látásra triviálisnak tűnik, hogy a rendszer gyártója által meghatározott eljárások szerint kell az üzemeltetést végezni. Ugyanakkor ez a kötelezettség is végrehajtási hiányosságokat és ezen keresztül végrehajtási veszélyeket rejthet magában, maga után vonva a biztonsági szint csökkenését - ezért biztonsági vizsgálatok indokoltak. Ugyanakkor célszerű az üzemeltetés vizsgálatához lehetőség szerint egyszerű, illetve egyszerűen alkalmazható módszereket választani. E célra igen alkalmasnak tűnik a kockázati indexek módszere.

3.2 Ellenőrzési listák és kockázati indexek

Az ellenőrzési listák a már megszerzett tapasztalat (tervezői és üzemeltetői) alkalmazásának szisztematikus ellenőrzésére szolgálnak. Folyamatos fejlesztésükkel pontosba szedhető az összes olyan emberi hiba, amely által okozott problémákat célszerű volna elkerülni. A lista többnyire "Mi történik, ha..." típusú kérdéseket, valamint szabványokat és ajánlásokat tartalmaz [4,7].

A hardver vonatkozásában az ellenőrzési listák a tesztelések, rendszeres ellenőrzések alkalmával játszanak kiemelkedő szerepet, elősegítve, hogy az előírt, elvégzendő műveletek közül semmi se maradjon elvégzetlenül.

Az ellenőrzési listák használata ugyanakkor komplex rendszerek esetén nehézkes, a kérdések megválaszolására sokszor más analízismódszert kell alkalmazni. Ennek következtében nagy rendszerek esetén az ellenőrzési listák vizsgálati, ellenőrzési forgatókönyvként funkcionálhatnak.

A kockázati indexek komplex rendszerekben fellépő veszélyhelyzetek (pl. tűzkockázat) azonosítására szolgálnak. Elsődlegesen vegyipari létesítmények számára dolgozták ki őket, definiálva az ott fellelhető tipikus veszélyhelyzeteket, de ma már léteznek kockázati indexek különböző ipari területekre. (Számunkra jelen cikkben a kockázati indexek jelentik az alapmódszertant.)

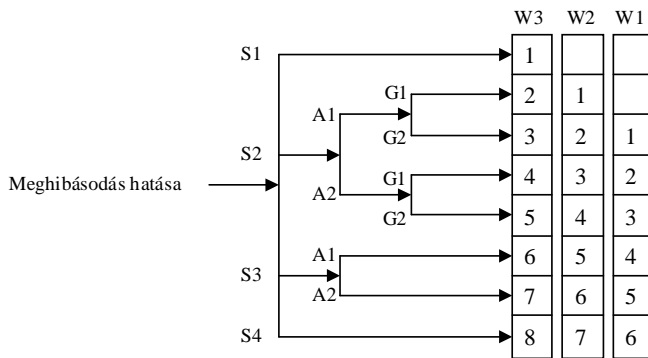
A kockázati indexek alkalmazásakor a rendszert egységekre bontják, és az egyes egységekben fellelhető, a kockázati indexben felsorolt veszélyhelyzetek alapján rangsorolják az egységeket.

Kockázati indexként ugyancsak alkalmazható a meghibásodások hatásainak kritikuság vizsgálatára (noha elsősorban adott feladat biztonsági követelményeinek osztályba sorolására szolgál) a DIN V 19250 [8] ipari szabvány által definiált követelmény-osztály rendszer. Az események besorolása itt négy paraméter alkalmazásával történik:

1. A meghibásodás által okozható kár mértéke (4 fokozat, S1-S4),
2. A veszély által érintett zónában való tartózkodás (2 fokozat, A1-A2),
3. A veszély elhárításának lehetősége (2 fokozat, G1-G2), valamint

4. A meghibásodás bekövetkezésének valószínűsége (3 fokozat, W1-W3).

A négy szempont alapján 8 kockázati osztályba sorolhatjuk a meghibásodás hatásait (lásd 1. ábra), ahol a 8-as a leg súlyosabb kockázati osztály. Ezt a módszert a vasúti biztosítóberendezési technikában is alkalmazzák olyan esetekben, amikor a felhasznált vezérlőberendezés a DIN V 19250 szerinti minősítéssel rendelkezik.



1. ábra: DIN V 19250 szerinti kockázati osztályok megállapítása

4 ALKALMAZÁSI PÉLDA: BIZTOSÍTÓBERENDEZÉSI INVERTEREK TŰZKOCKÁZAT-ELEMZÉSE

Az alábbiakban kockázati indexelésen alapuló módszert adunk a vasúti biztosítóberendezések egy Magyarországon kis számban alkalmazott, de ennek ellenére igen veszélyeztetett (jelentős veszélyforrásokat magában hordozó) alrendszerének, az un. ferrozonáns inverterek tűzkockázatának becsléséhez. A példában csak az alkalmazást kívánjuk bemutatni, így nem térünk ki az index összetevőinek létrehozására.

4.1 A ferrozonáns inverterekről

A ferrozonáns (vagy más néven ferrozonanciás) inverterek egy speciális stabilizálási megoldást, a mágneses kör vezetésére alkalmazott vasanyag telítődését kihasználó megoldást alkalmaznak. Az alábbiakban röviden ismertetjük működési elvüket [9] alapján.

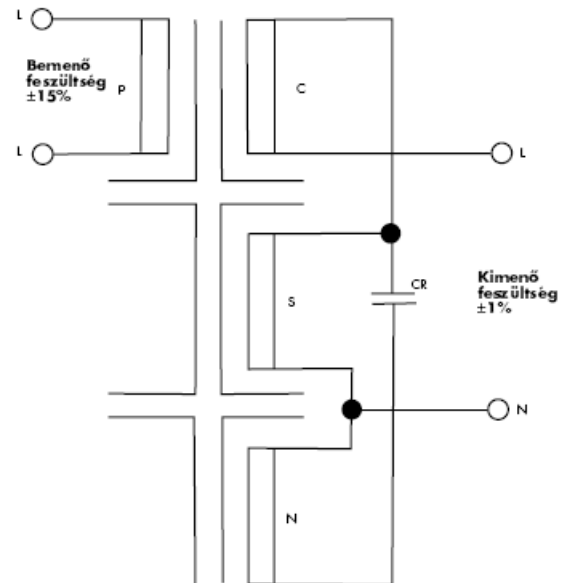
Első lépésként röviden ismertetjük az automatikus feszültség stabilizátorok alaptípusait. A főbb típusok a következők:

Elektromechanikus; Ferrozonáns; Elektronikus fokozatkapcsolós; Telítődő fojtós (transzduktoros); Elektronikus feszültség szabályozós.

Fontos szempont a kiválasztásnál, hogy a megoldás úgy legyen hatékony, hogy közben ne okozzon egyéb problémát. Például, egy nem stabil fordulatszámú járó Diesel-generátor egység feszültségváltozásait ferrozonáns feszültség stabilizátorral próbáljuk meg kiküszöbölni. A végeredmény az lenne, hogy a generátor 1% frekvencia változása a stabilnak gondolt kimenő feszültségben 1.5% változást okozna.

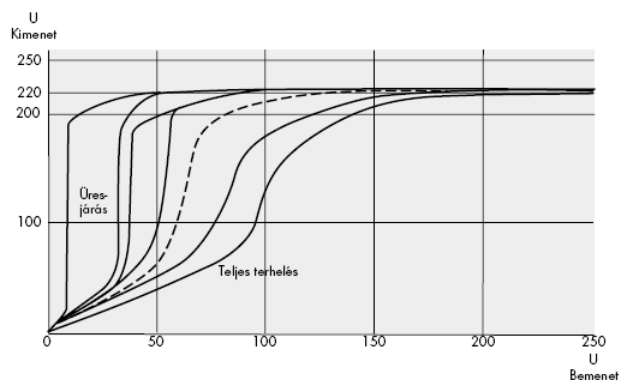
A ferrozonáns feszültség szabályozó főáramkörét a 2. ábra mutatja. A főáramkör egyfázisú primer tekercsből és sönt-kondenzátort is tartalmazó három szekunder tekercsből áll. A

kiegyenlítő tekercs (N) és a szekunder tekercs (S) a primer tekercstől mágneses sönttel van elválasztva. Ezeknek a söntöknek a mágneses ellenállása nagyon nagy viszonyítva a transzformátor mag közepső részének mágneses ellenállásához. A söntök szórási induktivitása a kapacitással (Cr) rezonáns kört alkot.



2. ábra: Ferrozonáns inverter főáramköre - séma

Ha a kimenő feszültség nő, a transzformátor vasmag közepső részében nő a fluxus egészen addig, amíg a szekunder tekercs induktív reaktanciája egyenlő nem lesz a kapacitás reaktanciájával. Ebben a pontban a kimenő feszültség nagy a rezonancia következtében akkor is, ha a bemenő feszültség kicsi (lásd 3. ábra). A kiegyenlítő tekercs a kimeneti feszültség torzítását csökkenti (kb. 20 %-ról 3 % alá).



3. ábra: A ferrozonáns feszültség szabályozó bemeneti/kimeneti karakterisztikái

A teljes szekunder áramkör a 3. harmonikusra rezonál. Ezért a kimenő feszültségben jelentősen csökken a vasmag telítés miatt keletkező 3. harmonikus torzítás. A kimenő feszültség stabilitását a transzformátor vasmag fluxusa és a kompenzáló tekercs (C) feszültsége határozza meg. Ez azt jelenti, hogy a kimenő feszültség csak akkor változtatható, ha a transzformátoron megcsapolások vannak.

A ferreazonáns feszültségstabilizátor fő előnyei az alábbiak:

- Kis terhelések esetén igen széles bemeneti feszültség tartományban működőképes. 25 %-os terhelésnél a kimeneti feszültség 5 %-on belül marad még akkor is, ha a bemeneti feszültség a névleges feszültségnek csak 35 %-a.

- A kimenet túlterhelés esetén automatikusan áramszabályozott.

A ferreazonáns feszültségstabilizátor fő hátrányai:

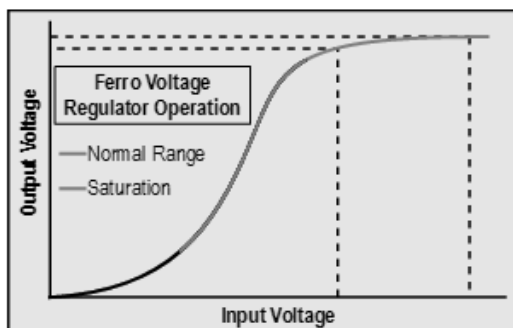
- A kimenő áram automatikus korlátozása nagy áramfelvétellel induló terhelések bekapcsolását megakadályozhatja, ha csak nincs túlméretezve a ferreazonáns feszültségstabilizátor vagy nincs ilyen speciális célra tervezve. Tipikusan ilyen terhelések a motorok és kapcsolóüzemű tápegységek.

- Szabályozási pontosság jellemzően 3 %.

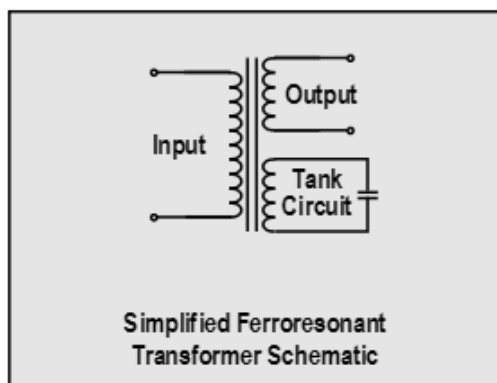
- A transzformátor vasmagnak telítésbe kell mennie ahhoz, hogy a kimenő feszültséget stabilizálja. A transzformátor körül ilyenkor nagy szórt mágneses tér alakul ki, amely zavarhatja a közeli érzékeny elektronikus berendezéseket.

- Azonos névleges teljesítmény esetén súlya és mérete többszöröse lehet az elektromechanikus feszültségstabilizátorénak.

A telítődés szabályozást jól mutatja a 4. ábra is ([10] alapján). Ugyancsak [10] alapján a 2-4. ábra a főáramköri kialakítás egy másik gyakori formáját mutatja.



4. ábra: A vastelítődésen alapuló szabályozás sémája



5. ábra: Egyszerűsített séma a ferreazonáns elvhez

A ferreazonáns inverterek lehetséges helye az áramellátásban: A ferreazonáns inverterek lényegében bárhol megjelenhetnek a biztosítóberendezési áramellátásban, ahol:

- feszültségstabilizálásra van szükség,
- szünetmentes feszültséget kell biztosítani.

Ennek megfelelően nem nevezhetünk meg egyértelműen olyan áramellátási tápláláscsoportot, ahol szerepük előtérbe kerülne, és csak azon a helyen lehetne a ferreazonáns invertereket alkalmazni.

A magyarországi vasútvonalakon még a mai napig is található a fenti elven megvalósított inverterek - ezen invertertípus egyes példányai jelentős kárral és kieséssel járó tüzesetek szenvedő alanyai, illetve okozói voltak. Ez indokolta a kockázati indexek alkalmazását e területen.

4.2 Módszertan

A javasolt kockázatelemzési módszertan összefoglalása:

1. Vizsgáljuk meg az adott alkalmazás 1. táblázatban megadott paramétereit.
2. Határozzuk meg az egyes paraméterekhez rendelhető kockázati értékeket.
3. Vizsgáljuk meg, hogy az egyes paraméterek kockázati értékei nem mutatnak-e önmagukban túl magas kockázatot.
4. Összegezzük a paraméterek kockázati értékeit, vagyis határozzuk meg a kockázati indexet.
5. A kockázati index értéke és a minősítési táblázat (2. táblázat) alapján állapítsuk meg az alkalmazás kockázati kategóriáját.
6. Hozzunk döntést a kockázatsökkentés szükségességéről. (A kockázatsökkentéshez lásd még a következő alfejezetet is.)

Egy adott berendezésre számított kockázati index (K) értéke az egyes kockázati paraméterek (K_i) (összesen 14 darab) értékeinek összege akkor, ha semelyik paraméter sem ad "Túl magas kockázat" értéket. A kockázati index értéke 0 és 120 közötti érték. A kockázati index kiértékelése a 2. táblázat szerint történik. (Amennyiben valamelyik paraméter kiértékelése "Túl magas kockázat" értéket ad, a kockázati index értékelése mindenképpen "Túl magas kockázat".)

4.3 Kockázatsökkentési lehetőségek

Az előző alfejezetben bemutatott kockázatelemzési módszertan egyben megadja a kockázatsökkentés lehetőségét is:

Célunk egyértelműen az, hogy a vizsgált berendezés kockázati indexe csökkenjen, vagyis valamelyik vizsgált paramétert kell javítani, pontosabban az adott paraméterhez meghatározott kockázati index értékét csökkenteni.

1. táblázat: Kockázati paraméterek

Paraméter	Lehetséges értékek	Az értékekhez tartozó kockázati értékek	
Rendelkezésre állnak gyártói információk? (Karbantartási kézikönyv, kezelési kézikönyv, gyártói eljárások az üzemeltetésre)	Igen	$K_{GYI} = 0$	
K_{GYI}	Részlegesen	$K_{GYI} = 10$	
	Nem	Túl magas kockázat	
A gyártói utasítások betartásra kerülnek?	Igen	$K_{GYIB} = 0$	
K_{GYIB}	Részlegesen	$K_{GYIB} = 10$	
	Nem	Túl magas kockázat	
Inverter üzemű működés (négy-szögjel hajtás) vagy hálózati szinuszos stabilizátor	Szinuszos stabilizátor	$K_I = 0$	
K_I	Inverter (négy-szögjel hajtással)	$K_I = 10$	
	Vashőmérséklet (átlagos üzemi körülmények között)	$T < 35\text{ °C}$	$K_{TV} = 0$
K_{TV}		$35\text{ °C} < T < 50\text{ °C}$	$K_{TV} = 5$
		$50\text{ °C} < T < 75\text{ °C}$	$K_{TV} = 10$
		$75\text{ °C} < T$	Túl magas kockázat
Környezeti hőmérséklet (átlagos üzemi körülmények között)	$T < 22\text{ °C}$	$K_{TK} = 0$	
K_{TK}		$22\text{ °C} < T < 30\text{ °C}$	$K_{TK} = 5$
		$30\text{ °C} < T < 40\text{ °C}$	$K_{TK} = 10$
		$40\text{ °C} < T$	Túl magas kockázat
Terhelés a névleges teljesítményhez képest	terhelés $< 70\%$	$K_{PT} = 0$	
K_{PT}	$70\% < \text{terhelés} < 100\%$	$K_{PT} = 5$	
	$100\% < \text{terhelés}$	Túl magas kockázat	

Terhelésváltozások üzem közben névleges terheléshez viszonyítva	terhelésváltozás $< 5\%$	$K_{PV} = 0$	
	terhelésváltozás $> 5\%$	$K_{PV} = 10$	
K_{PV}			
Különbség a bemeneti és a kimeneti feszültség között (névleges bemeneti feszültséghez képest)	fesz. kül. $< 5\%$	$K_{FK} = 0$	
	$5\% < \text{fesz. kül.} < 10\%$	$K_{FK} = 5$	
	$10\% < \text{fesz. kül.} < 20\%$	$K_{FK} = 10$	
	$15\% < \text{fesz. kül.}$	Túl magas kockázat	
Névleges teljesítmény	$P < 1\text{ kW}$	$K_P = 0$	
	$1\text{ kW} < P < 5\text{ kW}$	$K_P = 5$	
	$5\text{ kW} < P$	$K_P = 10$	
K_P			
	Környezet kialakítása, beépítettsége (mérnöki ítéleten alapuló)	átlátható, szellős	$K_{KK} = 0$
K_{KK}		zsúfolt, rendezetlen	$K_{KK} = 5$
	Hűtés módja	kényszerhűtés	$K_{HM} = 0$
K_{HM}		természetes lég-hűtés	$K_{HM} = 5$
	Kényszerhűtésnél a kényszerhűtő állapota (mérnöki ítéleten alapuló)	megfelelő	$K_{HÁ} = 0$
$K_{HÁ}$		kérdéses	$K_{HÁ} = 10$
		nem megfelelő	Túl magas kockázat
	Berendezés általános állapota	megfelelő	$K_{AA} = 0$
K_{AA}		kérdéses	$K_{AA} = 10$
		nem megfelelő (pl. égésnyomok)	Túl magas kockázat
	Gyártói felülvizsgálat	utolsó évben	$K_{GYF} = 0$
K_{GYF}		utolsó öt évben	$K_{GYF} = 5$
		utolsó öt éven kívül	$K_{GYF} = 10$

2. táblázat: Kockázati index értékelése

Kockázati index (K) érték	Minősítés
$K > 80$	Túl magas kockázat. Azonnali kockázatsökkentés szükséges.
$80 \geq K > 40$	Magas kockázat. A közeljövőben kockázatsökkentés szükséges.
$40 \geq K$	Elfogadható kockázat. Ettől függetlenül a kockázatsökkentés lehetőségeit és realitását meg kell vizsgálni.

Jelen munkában nincs lehetőségünk kitérni a kockázatsökkentés gazdasági vonzataira, ehhez nem is rendelkezünk elégséges információval. Így általános érvénnyel azt a szabályt adhatjuk, hogy először a legmagasabb értékű paraméter csökkentési lehetőségét kell megfontolni, és ha itt a csökkentés nem lehetséges vagy nem gazdaságos, kell az érték szerint sorban következő paramétert megvizsgálni.

4.4 Kockázatértékelési példa

Az alábbiakban bemutatjuk a kockázati index alkalmazását egy példány keresztül. Példánk részleges, mert nem állt rendelkezésünkre elég információ a teljes körű alkalmazáshoz, de jól szemlélteti a módszer alkalmazását.

A példa egy magyarországi vasúttársaság egyik állomásán telepített ferrozonáns inverter kockázati indexének számítása [1].

3. táblázat: Kockázati index alkalmazási példa

Paraméter	Értékelés	Kockázati érték
Rendelkezésre állnak gyártói információk? (Karbantartási kézikönyv, kezelési kézikönyv, gyártói eljárások az üzemeltetésre)	<i>Információ nem áll rendelkezésre a kérdés megválaszolásához.</i>	<i>Nem képezhető.</i>
K_{GYI}		
A gyártói utasítások betartásra kerülnek?	<i>Információ nem áll rendelkezésre a kérdés megválaszolásához.</i>	<i>Nem képezhető.</i>
K_{GYIB}		

Inverter üzemű működés (négy-szögjel hajtás) vagy hálózati szinuszos stabilizátor	Az alkalmazás szinuszos stabilizátor.	$K_I = 0$
K_I		
Vashőmérséklet (átlagos üzemi körülmények között)	Mért hőmérséklet: 65°C , így $50^\circ\text{C} < T < 75^\circ\text{C}$	$K_{TV} = 10$
K_{TV}		
Környezeti hőmérséklet (átlagos üzemi körülmények között)	Mért hőmérséklet: 25°C , így $22^\circ\text{C} < T < 30^\circ\text{C}$	$K_{TK} = 5$
K_{TK}		
Terhelés a névleges teljesítményhez képest	<i>Információ nem áll rendelkezésre a kérdés megválaszolásához.</i>	<i>Nem képezhető</i>
K_{PT}		
Terhelésváltozások üzem közben névleges terheléshez viszonyítva	<i>Információ nem áll rendelkezésre a kérdés megválaszolásához.</i>	<i>Nem képezhető</i>
K_{PV}		
Különbség a bemeneti és a kimeneti feszültség között (névleges bemeneti feszültséghez képest)	Bemeneti feszültség: kb. 238V kimeneti feszültség: kb. 205V Feszültségkülönbség: 33V, 14% $10\% < \text{fesz. kül.} < 20\%$	$K_{FK} = 10$
K_{FK}		
Névleges teljesítmény	<i>Információ nem áll rendelkezésre a kérdés megválaszolásához.</i>	<i>Nem képezhető</i>
K_P		
Környezet kialakítása, beépítettsége (mérnöki ítéleten alapuló)	zsúfolt, rendezetlen	$K_{KK} = 5$
K_{KK}		
Hűtés módja, K_{HM}	természetes léghűtés	$K_{HM} = 5$

Kényszerhűtésnél a kényszerhűtő állapota (mérnöki ítéleten alapuló) $K_{HÁ}$	Nem alkalmazandó a természetes léghűtés miatt.	$K_{HÁ} = 0$
Berendezés általános állapota $K_{ÁÁ}$	nem megfelelő (pl. égésnyomok) Égésnyomok látszanak.	Túl magas kockázat
Gyártói felülvizsgálat K_{GYF}	<i>Információ nem áll rendelkezésre a kérdés megválaszolásához.</i>	<i>Nem képezhető</i>

Jól látható, hogy a példabeli berendezés értékelése egy paraméternél "Túl magas kockázat" értéket adott, tehát azonnali kockázatcsökkentés szükséges az adott paraméter vonatkozásában.

5 ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban áttekintettük a ferrozonáns elvű inverterek és stabilizátorok kockázatait és alkalmazásukat a magyarországi vasútvonalakon.

Munkánkban módszert adtunk az inverterek kockázatának felméréséhez. Az általunk kifejlesztett módszer nem kezeli a hibás tervezésű berendezés kérdéskörét, azt feltételezzük, hogy a berendezés tervezése és konstrukciója megfelelő, korábban a megfelelés bizonyítást nyert. Amennyiben ennek ellenkezője bizonyosodik be, a tervezési vagy konstrukciós hibát korrigálni szükséges.

A módszer kifejezetten a ferrozonáns inverterek felmérésére került kifejlesztésre - ki kell hangsúlyoznunk, hogy általános, az összes áramellátási berendezésre vagy alegységre érvényes módszer véleményünk szerint hatékony eredménnyel nem hozható létre -, de véleményünk szerint a módszer könnyen (egy-egy vizsgált paraméterek más paraméterekkel történő kihelyettesítésével) adaptálható más részegységek vagy berendezések vizsgálatához.

És éppen ebben látjuk munkánk igazi értékét: a megadott módszer általános metodika, és könnyen adaptálható. Javasoljuk éppen ezért, hogy akár az áramellátó rendszereken túlmutatóan, más biztosítóberendezési egységeknél is fontol-

ják meg a magyarországi vasúttársaságok az alkalmazást. Természetesen a legtöbb biztosítóberendezési egységnél nem a tűzkockázat, hanem a meghibásodás, a rendelkezésre nem állás, és ezen keresztül műszaki, un. funkcionális biztonság-ból eredő kockázat becsülhető.

6 HIVATKOZÁSOK

- [1] "Ferrorezonáns inverterek tűzkockázat-elemzése", *K+F tanulmány Dokumentum azonosító: SZIE-AUT-2010-T187-VI.0 Verziószám: 1.0 (2010. november 26.) Széchenyi Egyetem, Automatizálási Tanszék, 2010.*
- [2] Szabó, G., Tarnai, G. "A vasúti biztonság bizonyítására vonatkozó új európai szabványok alkalmazási kérdései." *Vezetékek Világa 8:(1) pp. 2-6. (2003)*
- [3] Tarnai, G., Szabó, G. "Zuverlässigkeitsanalyse der Stomversorgung von Eisenbahn-sicherungsanlagen." *In: Proceedings of the ZEL 2002, Railways on the Edge of the 3rd Millennium. Zilina, Szlovákia, 2002.05.10 Zilina: pp. 237-248*
- [4] Apostolakis, G., Garribo, S., Volta, G. (Eds.) "Synthesis and Analysis Methods for Safety and Reliability Studies." *Plenum, 1978.*
- [5] MSZ-EN 50126-1, Vasúti alkalmazások. A megbízhatóság, az üzemkésztség, a karbantarthatóság és a biztonság (RAMS) előírása és bizonyítása. 1. rész: Alapvető követelmények és az általános folyamat. 2. kiadás, 2006. november.
- [6] MSZ-EN 50129, Railway Applications - Communication, Signalling and Processing systems - Safety Related Electronic Systems for Signalling, 2003.
- [7] Leveson, N. G. "Safeware." *Addison-Wesley, 1995*
- [8] DIN V 19250, Grundlegende Sicherheitsbetrachtungen für MSR-Schutzrichtungen, 1994.
- [9] Maule, D. "Feszültségletörések. Feszültségletörés kompenzálása." *Claude Lyons Ltd. 2001. November. A Magyar Részpiaci Központ kiadványa.*
- [10] "The Automatic Voltage Regulator – AVR: Guide and Comparison. The Operation, Application and Comparison of Automatic Voltages Regulators in AC Power Applications." *Utility Systems Technologies, Inc. (UST)*