

BIZTONSÁGKRITIKUS RENDSZEREK
TERVEZÉSI MÓDSZEREINEK
ALKALMAZÁSA ELEKTRONIKUS
FÉKRENDSZEREK ESETÉN

című

PH.D. ÉRTEKEZÉS TÉZISFÜZETE

Készítette:
Fülep Tímea

Témavezető:
Dr. Palkovics László

Kandó Kálmán Multidiszciplináris Műszaki Tudományok Doktori Iskola
Járművek és Mobilgépek Tudományozás

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
2007

1. A KUTATÁS HÁTTERE ÉS CÉLKITŰZÉSE

A közúti közlekedés volumene mind a személy-, mind a teherszállítás területén jelentősen növekszik, ennek következményeként nő a közlekedési folyamatsűrűség, ami növeli a környezetterhelést és rontja a közlekedés biztonságát. Összehasonlítva a személygépkocsikkal a haszongépjárművek részvételével bekövetkező balesetek következményei a lényegesen nagyobb mozgási energia miatt komolyabbak.

Az ismert aktív és passzív biztonsági rendszerek elkülönített funkciókat töltenek be a járművekben és noha kommunikálnak egymással, alacsony integráltsági szinttel rendelkeznek, továbbá a fék- és kormányrendszerek még nem minden esetben elektronikusan vezéreltek.

Ezért fontos alapvetően fejleszteni a közlekedés biztonságát és hatékonyságát intelligens, elektronikusan vezérelt hajtáslánc alkalmazásával, mert így bizonyos mértékben növelhető a közlekedési sűrűség úgy, hogy a közlekedési balesetek száma nem feltétlenül növekszik.

A biztonságkritikus rendszerek fejlesztése a jövő járműveivel kapcsolatban főleg arra a társadalmi követelményre épül, amely szerint az emberek biztonságosabb, megbízhatóbb járműveket akarnak látni az utakon, amelyek képesek a vezetónél összetettebb helyzetek kezelésére.

A by-wire technológiák (1. ábra) mind működési, mind konstrukciós előnyökkel rendelkeznek, de alkalmazásuk biztonságkritikus rendszerekben a tervezési és fejlesztési folyamatok során különleges kezelést igényel. Különösen fontosak ezek a rendszerek a haszonjárművek esetén, ahol már az elektronikus fékrendszer szériafelszereltség és részvételükkel a bekövetkező balesetek súlyossága mérsékelhető. A fenti elvárások biztosításának a járművet felépítő rendszerek és alrendszerek fejlesztésével kapcsolatos megbízhatósági vizsgálatok szerves részét képezik.

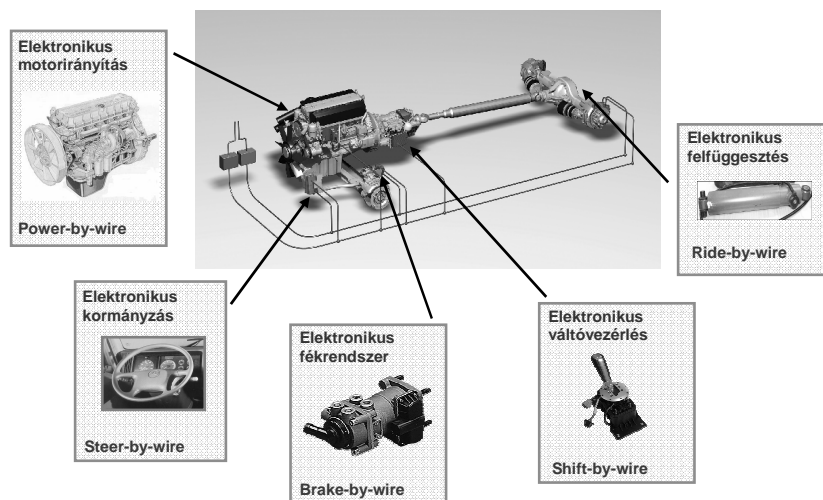
A fejlesztési folyamat koncepció (lehetséges tervváltozatok kidolgozása) fázisában végrehajtott megbízhatósági vizsgálat alapvetően befolyásolja a megfelelő rendszerarchitektúra kiválasztását figyelembe véve a különböző forrásból érkező követelményeket, legyen törvényi, illetve jogszabályi, vevői vagy a cég által meghatározott, úgynevezett belső előírás.

Minden potenciális és ismert hibamód, azok okai és következményei azonosíthatóak a hibamód- és hatáselemzés módszerének alkalmazásával. Az eljárás megelőző módon biztosítja a lehetséges gyenge pontok megtalálását, azok jelentőségének felmérését, kiértékelését és megfelelő időben megfelelő intézkedések bevezetését elkerülést, illetve felismerést segítő céllal. A módszer sajátossága, hogy mindig csak egy pillanatnyi hibát elemez, nem hibakombinációkat, amelyek kezelése a kvantitatív megközelítésű hibafa elemzéssel lehetséges.

Az elemzés mellékhatása, hogy segíti a rendszert, a folyamatokat leírni és jobban megérteni, miközben egy dokumentumot eredményez a rendszer vagy a folyamat működéséről (tudásbázis felépítése).

A már említett előnyökön kívül további haszonnal számolhatunk egy ilyen elemzés elvégzésekor, beleértve egy szisztematikus megközelítést a hardverhibák csoportosítására, a fejlesztési idő, költség és tervváltozatok csökkenését, könnyen érthetőségét, a biztonságra való nagyfokú odafigyelést, illetve a növelt vevői elégedettséget.

Annak ellenére, hogy előírások alapján egyidejűleg egy hiba kezelése szükséges, rejtett hibák vagy hibakombinációk okozhatnak nem kívánt hibahatást beépített redundancia ellenére is. Ezért lényeges szempont, hogy az ismertetett eljárások együttes használata lehetővé teszi rendszerezett bemenet biztosítását a kvantitatív analízis számára, amely számol az előbb említett lehetőséggel.



1. ábra. Az intelligens járműirányítás alapját képező rendszerek

Az előírásoknak megfelelő haszonjármű fékrendszereket back-up szintjeinek és fékköreik számának függvényében csoportosíthatjuk az ábrán (1. táblázat) látható módon (FBM-Foot Brake Module, TCM-Trailer Control Module).

1. táblázat. Haszonjármű fékrendszerek rendszerezése

	Hátsó tengely back-up rendszerrel		Hátsó tengely back-up rendszer nélkül	
	TCM (2P)	TCM (1P)	TCM (2P)	TCM (1P)
FBM (2P+1E)				
FBM (1P+1E)				

Az elektronikus fékrendszer Európában a haszonjárművekben már 1996 óta szériafelszereltség, személygépkocsikban pedig most kezd elterjedni. A rendszer az irányítása szempontjából valóban brake-by-wire, a vezető lassulásra vonatkozó igényét egy redundáns, egyszerre több jelet szolgáltató, szenzorral mérjük, majd több más jellemző alapján a központi vezérlő-

egység kiszámítja, hogy az adott keréken milyen fékezési nyomatókat kell megvalósítani, és a kerékhez közeli elektro-pneumatikus, hidraulikus vagy távlatban az elektromechanikus aktuátor azt végrehajtja. Ilyen értelemben nincs közvetlen (mechanikus, pneumatikus) kapcsolat a fékpedál és a kerékfék között.

Az eddigi tapasztalatok alapján ezek a rendszerek nagy megbízhatósággal működnek. Ami miatt mégis minden jármű fel van még szerelve hidraulikus vagy pneumatikus vészvisszaállító, úgynevezett back-up rendszerrel, az a vevői igény és bizonyos fokú bizalmatlanság. Ez a rendszer azonban a fékezési folyamatban csak akkor vesz részt, ha az elektronikus rendszer meghibásodik. Az 1. táblázatban látható egyik rendszer jelölése 1E+2P, ami egykörös elektronikus és kétkörös pneumatikus rendszert jelent (jogsabályi szempontból elég lenne az 1E+1P rendszer is). Az említett fékrendszer – mivel a féknyomaték anélkül is kifejthető, hogy a vezető a fékpedálra lépne – több fékfunkció alapját is képezi, amelyet a hagyományos rendszerekkel nem lehet megvalósítani. Ilyen a vontató és vontatmány összehangolását, kompatibilitását megvalósító vonóponti erőszabályozás vagy az ESP-funkció. Az ABS-funkció nem újdonság, egyike a legfontosabb elektronikus fékfunkcióknak. Az elektronika beavatkozása nélkül a vezetőnek nincs lehetősége a kialakult helyzet befolyásolására, amíg az ABS rendszer ugyanolyan feltételek mellett stabil járműmozgást eredményez.

2. MÓDSZERTANI ÖSSZEFOGLALÓ

A koncepció fázisban végrehajtott megbízhatósági vizsgálat alapvetően befolyásolja a megfelelő rendszerarchitektúra kiválasztását figyelembe véve a különböző forrásból érkező követelményeket, legyen az törvényi, ill. jogszabályi, vevői vagy a cég által meghatározott, ügynevezett belső előírás. A rendszertervezés mindig a követelmények meghatározásával kezdődik, majd a specifikáció folyamán ezek lefordításra kerülnek a rendszer paramétereinek szempontjából. Minden potenciális és ismert hibamód, azok okai és következményei azonosíthatók a hibamód- és hatáselemzés (FMEA – Failure Mode and Effects Analysis) módszerének alkalmazásakor.

Az eljárás előzetes gondolkodás által megelőző módon biztosítja a lehetséges gyenge pontok megtalálását, azok jelentőségének felmérését, kiértékelését és megfelelő időben megfelelő intézkedések bevezetését azok elkerülését, illetve felismerését segítő céllal. A gyenge pontok szisztematikus elemzése és a kiváltó okok megszüntetése a kockázat minimalizálásához vezet, amely által csökken a hiba által okozott költség, valamint megnő a megbízhatóság.

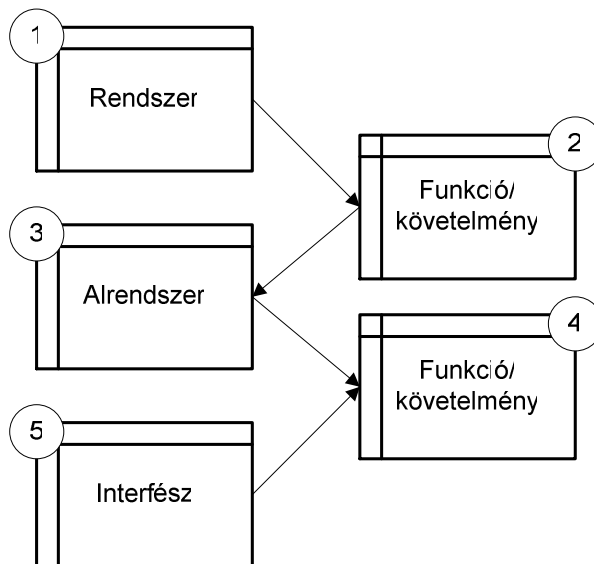
Ahhoz, hogy az adott architektúra elemzése szisztematikus és strukturált legyen, szükséges mind a funkciók, mind a rendszert felépítő alrendszerek és komponensek megfelelő felbontása, amely támogatja a rendszer teljes körű vizsgálatát, anélkül hogy bármelyik alkotóelem kimaradna. Egy ügynevezett mátrix FMEA felépítésének előnye, túl azon, hogy a rendszert, mint faszervezetet mutatja be, hogy lehetséges a funkció- és a rendszerstruktúra párhuzamos kibontása, amely magában a mátrixban kapcsolódik utána össze.

A legfelső szinten (2. ábra) csak a rendszerrel szemben támasztott törvényi, vevői, belső követelmények rendszerezése szerepel, amelyek a későbbiekben kapcsolódnak az alrendszerekhez. Komponensek nem szerepelnek a rendszerszintű funkció-összeköttetésekben.

A mátrix rendszerének felépítése a következő három kérdésem alapult:

- Mi az elemzendő rendszer vagy termék?
- Milyen előírásoknak, szabványoknak, vevői elvárásoknak kell a rendszernek megfelelnie (funkciók és/vagy követelmények)
- Melyek a rendszert vagy terméket felépítő alrendszerek és ezekhez milyen funkciók rendelhetők hozzá (közvetlenül vagy közvetetten)?

Ezt a megközelítést használva épült fel egy félpótkocsi elektronikus fékrendszer architektúrája a hozzá tartozó elsődleges követelmények és a rendszert felépítő alrendszerek kapcsolataiból. A kapcsolódási pontok a funkciók esetén közvetlen, a hibák szempontjából közvetett hozzárendelést jelentenek.



1	2	3	4	5		
ABS System (Beispiel)	optimaler Auslastungsgrad des Radantriebes beim Bremsen	Fahrzeug Stabilität beim Bremsen erhöhen	Fahrzeug Lenkbarkeit beim Bremsen erhöhen	Traction beim Fahren erhöhen	Fahrzeugstabilität beim Fahren/ Beschleunigen erhöhen	Spurabwärt beim Fahren/ Beschleunigen erhöhen
ABS [+]	x	x	x			
ESP [+]		x	x		x	x
ATC []				x	x	
BD						
EED						

4	Fahrzeug Stabilität beim Bremsen erhöhen [ABS System (Beispiel)]	Fahrzeug Lenkbarkeit beim Bremsen erhöhen [ABS System (Beispiel)]	Fahrzeugstabilität beim Fahren/ Beschleunigen erhöhen [ABS System (Beispiel)]	Spurabwärt beim Fahren/ Beschleunigen erhöhen [ABS System (Beispiel)]
ESP				
Bremszahlfehler []		x		x

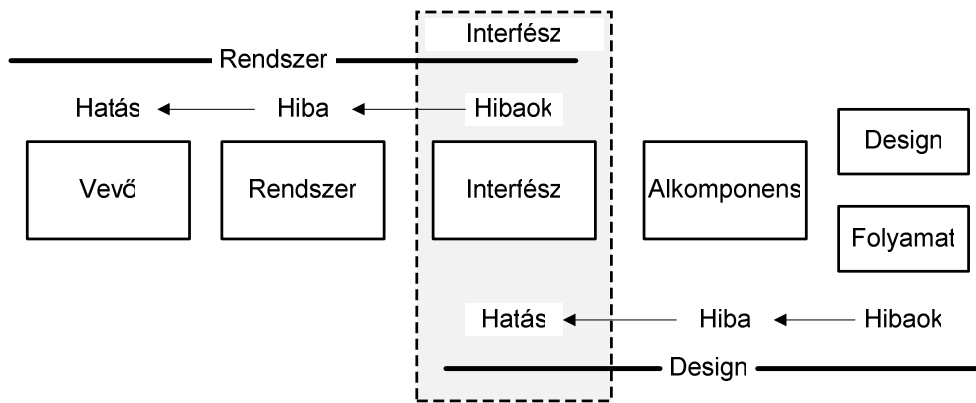
2. ábra. Rendszerszintű funkciófelosztás (részlet)

A komponensek alkotják azt a felületet, ahol a Rendszer FMEA és a Design FMEA a képen (3. ábra) látható módon összekapcsolódnak. Ez egyben jelenti a két elemzés szétválasztását és összekapcsolását is. A hibalánc a hibaok - hiba(mód) - hibahatás sorozatát szemlélteti.

Terméktervezés (Design) FMEA során a lehetséges hibákat, amelyek a rendszer egyes komponenseinél léphetnek fel, a D-FMEA segítségével lehet szemügyre venni és előrelátó módon elkerülni. A hibaokokat itt elsődlegesen a konstrukció okozhatja, de a gyártás milyenségétől is függhetnek azok.

Ilyen módon tehát lehetséges a különböző FMEA-k párhuzamos lefutása a fejlesztési folyamat bizonyos fázisában, amely a koncepció FMEA (a komponensek rendszerre gyakorolt hatásának vizsgálata) kivitelezését teszi lehetővé.

A már említett előnyökön kívül további haszonnal számolhatunk egy ilyen elemzés elvégzésekor, beleértve egy szisztematikus megközelítést a hardverhibák csoportosítására, a fejlesztési idő, költség és tervváltozatok csökkenését, könnyen érhetőségét, hatékonyabb teszttervezést, a biztonságra való nagyfokú odafigyelést, illetve a növelt vevői elégedettséget.



3. ábra. A System és Design FMEA kapcsolódása

Hatékony eszköz kis, nagy és komplex rendszerek elemzésére is, hasznos módszer költséghatékony megelőző karbantartó rendszerek fejlesztésekor, biztosíték a jövőben újra felbukkanó hibák ellen, összehasonlíthatóak általa elemzett rendszerek, megjelenítése segítség a vezetőknek, továbbá a részletezett szinttől felfelé halad és fejleszti a kommunikációt a design elemzés területével.

3. A KUTATÁSBAN ELÉRT EREDMÉNYEK

Az értekezés alapján az alább megfogalmazott tézisek összegzik az elért eredmények jelölve az egyes állításokhoz és a következő fejezetben a disszertációhoz tartozó publikációkat.

1. TÉZIS. *Komparatív elemzések és kritikai értékelések alapján bemutattam a jelenlegi jogi szabályozási keretek hatékonyságát, illetve azok hiányosságait a haszongépjárművek menetstabilizációs rendszerére vonatkoztatva (6.5 fejezet).* [FT13, FT18]

A nemzetközi törvénykezés (sem az ENSZ EGB sem az FMVSS – Federal Motor Vehicle Safety Standards) egészen napjainkig nem foglalkozott az elektronikus menetstabilizátor funkció szabályozásával és törvényi kezelésével. Az említett rendszerek elérhetősége és a növekvő társadalmi igény a balesetek súlyosságának csökkentésére (elsősorban a halálos kimenetelű balesetekre vonatkozóan) a törvényalkotókat arra kényszerítette, hogy állást foglaljanak a kérdésben mind Európában és Észak-Amerikában. Nagyon bonyolult kérdés egy olyan rendszer szabályozása, amely úgy irányítja hatékonyan a jármű mozgását, hogy közben nem igényli a vezető közvetlen beavatkozását. Ez indokolja, hogy a jogszabályalkotás során több kérdést kell megválaszolni: Hol kerüljön a rendszer szabályozásra (létező szabályozás része legyen vagy újként szükséges megalkotni), mit szabályozzon pontosan (rendszert vagy funkciót), milyen követelményeket támasszon (tisztán teljesítményi vagy tervezési követelményeket kelljen kielégíteni)? Értekezésemben alapvetően két szempontot elemeztem részletesen és javaslatokat dolgoztam ki.

a) A szabályozásban a funkciót definiáljuk és nem annak műszaki megoldását.

A biztonsági integritási szint (SIL) egyértelműen meghatározható a menetstabilizátor funkcióra és alfunkcióira (kitörés- és borulásgátlás) és az aktuális alkalmazástól függően előírható az adott járműtípusra. Haszongépjárművek esetén mindkét alfunkció alkalmazható mind kombináció (motoros jármű, amely szabályozza a pótkocsi viselkedését is), mind önálló funkcióként is (csak pótkocsinál borulásgátlás). A szabályozás nem gátolhatja meg az egyik vagy másik funkció alkalmazását, ezért ezeket részben politikai, részben műszaki szinten kell szabályozni.

b) Elfogadva azt a tényt, hogy hosszútávon a teljesítménykövetelmények meghatározása lehet az optimális megoldás, jelen helyzetben ezt néhány tervezési követelménnyel ki kell egészíteni.

A szabályozás tervezéséhez a legyezési szögsebesség és a borulást egyértelműen leíró keréktalpponti erő mérése nem szükséges, amennyiben ezek más jelek méréséből egyértelműen előállíthatók. A hatóságoknak ellenőrizni kell a két jel helyességét, mint a rendszer állapotváltozóit, így itt tulajdonképpen teljesítményszerű követelmény megfogalmazásáról beszélhetünk.

A jármű mozgásába való hatékony beavatkozás érdekében a motornyomaték irányítása és a az egyes kerékfékek független működtetése alapvető követelmény. A jövőben további aktuátorok jöhetnek szóba (elektronikus kormány, felfüggesztés stb.), de ahhoz, hogy a jármű irányíthatóságát biztosítsuk, a motor- és a fékrendszer szabályozása egyértelműen szükséges, s mint ilyen, ez tervezés specifikus követelménynek tekinthető.

Az ENSZ-EGB 13 előírás 11. módosításának a 21-es függeléke foglalkozik az elektronikus menetstabilizáló rendszer definiálásával, a rendszerre vonatkozó követelmények leírásával. Ezt a módosítást 2007 novemberében fogadta el a WP29 munkacsoport. További fejlemény, hogy ennek alapján a WP29 elfogadta az Európai Unió ajánlását, amennyiben 2012-től a 3,5 tonnát meghaladó járművekben kötelezővé teszi a menetstabilizációs rendszer beszerelését.

2. TÉZIS. Kimutattam – a megbízhatósági tervezés és elemzés szempontjából – az izo- és homomorfikus relációrendszer-egyezéseket a haszonjárművek jövőbeni és repülőgépekben jelenleg is alkalmazott elektronikus irányítási rendszerei között (7.1 fejezet). [FT11]

a) Relációk a repülőgép, illetve a haszonjármű irányítási rendszerek között.

Konkréten elemeztem és levezettem a tervezési ekvivalencia-relációkat a fenti irányítási rendszerek között, az Európai Unió keretprogramjai által támogatott K+F projektek során kidolgozott elvek és iránymutatások alapján. A repülésben már elterjedt és alkalmazott elektronikus rendszerek (fly-by-wire) ugyanis mindinkább teret nyernek a haszonjárművek fék- és egyéb biztonságkritikus rendszereiben is, addicionális stabilitási és biztonsági funkciókat biztosítva. Az irányítás során – az utasítások szintjén – összefutnak az információk a jármű irányát, környezetét tekintve, és kialakul az elérni kívánt irányvektort, miközben a végrehajtási szint utasítja az aktuátorokat, és megvalósítja a mozgás célzott irányát. Megfigyelhető, hogy az irányvektor kialakítása során a humán irányító, és az úgynevezett virtuális segéd-vezető együttműködésének folyamata megegyezik a repülőgép két pilóta általi irányításával. Ahhoz, hogy az autonóm járműirányítás biztonságosan létrejöhessen, az információáramlást redundáns módon szükséges tervezni az utasítási és végrehajtási szint között, beleértve mind az irányítási, mind a végrehajtási szint redundáns energiaellátását is.

A kimutatott konkrét relációs izomorf rendszerek a repülőgépek és haszongépjárművek irányítási folyamatai között hatékony megbízhatósági tervezési és elemzési lehetőségeket biztosítanak, közúti járművek fékrendszerei irányításának fejlesztésére. (Közismert, hogy a repülőgépek elektronikus irányítási rendszerei, elsősorban az előírásokban meghatározott megbízhatósági és elérhetőségi kritériumok kielégítésének szükségessége miatt jóval előrehaladottabb technológiai szinten vannak.)

b) Relációk a repülőgép, illetve a haszonjármű fékrendszerek között.

A repülőgépek fékrendszerei erősen biztonságkritikus rendszerek. Közismert, hogy rendkívül bonyolult feladatokat kell megoldaniuk, amennyiben a felszállásnál előforduló kényszermegállásról (a teljesen megterhelt gépet kell ilyenkor biztonságosan megállítani meghatározott távolságon belül), illetve leszállásról (okozhat irányíthatatlanságot, illetve a lassulás elmaradását) van szó. Ez magyarázza a repülőgép fékrendszer jellegzetes felépítését, amennyiben mind az irányítás, mind az energiaellátás redundáns, legalábbis minden meghatározó komponens minimum kettőzött. Ugyancsak gyakran előfordul egy harmadik, hidraulikus kör is a fékrendszer felépítésében, amely jelentős megbízhatósági tartalékot képez az elsődleges körök meghibásodásának esetére.

3. TÉZIS. *Elemeztem és kimutattam a kétkörös elektronikus hasznójármű fékrendszerek hatásfolyamatainak izo- és homomorf kapcsolatát a jogi szabályozás relációs rendszereivel, amennyiben ezek az előírt tartalék rendszer nélkül is képesek a szabványban meghatározott követelményeket kielégíteni (7.2 fejezet).* [FT9]

Az idevonatkozó jogi szabályozás szerint a jelenleg forgalomban lévő hasznójármű fékrendszereknek rendelkeznie kell kétkörös pneumatikus tartalékrendszerrel (back-up). Annak ellenére, hogy a kétkörös elektronikus fékrendszerek, amelyeknek tartalékrendszerük elektronikus, nem megengedettek, olyan elektronikus funkciókat biztosítanak, amelyekkel nem rendelkezik a pneumatikus tartalékrendszer, így az egykörös elektronikus rendszer meghibásodásakor annak előnyeivel nem számolhatunk. A jogi szabályozás előírásainak megfelel a két elektronikus kört tartalmazó rendszer, de egyelőre az egy elektronikus és két pneumatikus rendszer integrálása elfogadott, így még az egy elektronikus és egy pneumatikus rendszerrel ellátott hasznójárművek sem jelenhetnek meg az utakon.

4. TÉZIS. *Megbízhatósági vizsgálataim alapján levezettem és megállapítottam, hogy az ismertetett és általánosan alkalmazott kvalitatív megbízhatósági módszer önmagában nem megfelelő redundáns rendszerek tervezéséhez, ezért új megbízhatósági eljárást dolgoztam ki, amelyben adott megközelítéssel az említett módszer alkalmassá tehető redundáns rendszerek kezelésére (8.2, 8.3 fejezet).* [FT1, FT2, FT16]

A bemutatott kvalitatív megbízhatósági módszer, hibamód és hatáselemzés, egy széles körben elfogadott és használt módszer a különböző rendszerarchitektúrák elemzése során. Jellemzője, hogy egy időben egy hiba előfordulására fókuszál, és adott esetben az ezt kiváltó okra célzott megelőző vagy elkerülő tevékenység meghatározása szükséges, ez azonban nem teszi annyira alkalmassá redundáns rendszerek elemzésére. Az elemzés végső fázisában, az optimalizálásakor, a súlyosságot kivéve, a kockázati indexet a hiba okának új előfordulási és detektálhatósági értéke határozza meg. Az elemzés célja tehát a hiba okánál történő beavatkozás, ezért a hibahatásra vonatkozó súlyosság nem változhat. Ebben az esetben, ha a megelőző vagy elkerülő tevékenység maga a redundáns rendszer létezése, nem kapunk megfelelő információt a rendszerarchitektúrára vonatkozóan, amelyet biztosít a hibakombinációkat kezelő hibafa elemzés.

Az említett elemzés értékelése az adott rendszernek és a módszer típusának megfelelő újszerű osztályozási eljárás szerint történik. Az meglévő értékekhez (súlyosság, előfordulás, detektálhatóság) meghatározások, útmutatások tartoznak, pl. használat során az elemzett komponens funkciójával kapcsolatos tapasztalatok. Amennyiben az először meghatározott kockázati index (RPN1) egy meghatározott érték fölé esik, az optimalizáláshoz javaslatot kell kidolgozni megfelelő megfontolásokkal, ezért bevezetésre kerültek a következő műveletek kifejezve az egyes tényezők súlyát. A hiba okának előfordulása (1) a következőképpen került meghatározásra:

$$O_2 = \frac{O_{1_preventive_action} \cdot O_{1_redundant_preventive_action}}{O_{1_preventive_action} + O_{1_redundant_preventive_action}} \quad (1)$$

Az optimalizálás során a detektálhatóság értéke (2) szintén az okra vonatkoztatva a következőképpen alakult:

$$D_2 = \min[D_{1_corrective_action}; D_{1_redundant_corrective_action}] \quad (2)$$

Az eredmények mutatják, hogy a számítás alkalmazása után a rendszer nem rendelkezik kritikus kockázati index értékekkel.

4. PUBLIKÁCIÓK

Idegen nyelvű lektorált publikáció

- [FT1] Fülep, T., Palkovics, L., Nádai, L.: On qualitative and operational reliability of electronic brake systems for heavy duty vehicles, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 2007. (Accepted for publication)
- [FT2] Fülep, T., Palkovics, L.: On functional and quantitative reliability of electronic brake systems for heavy duty vehicles, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 2007. (Accepted for publication)

Magyar nyelvű lektorált publikáció

- [FT3] Fülep, T., Lengyel, D.: Intelligens vezetőtámogató-rendszerek szükségessége a közlekedési balesetek figyelembe vételével, *GÉP*, LVII. évfolyam, 2006/7, 15-18. o.
- [FT4] Fülep, T.: Intelligens vezetőtámogató-rendszerek fontossága a közlekedésben, *Tavaszi Szél 2006*, Kaposvár, Doktoranduszok Országos Szövetségének kiadványa, ISBN 963 229 773 3, 359-362. o.
- [FT5] Fülep, T., Palkovics, L.: Elektronikus jármű és infrastruktúra rendszerek a közlekedésbiztonság növelésének szolgálatában, *Magyar Tudomány*, 2007. (Accepted for publication)
- [FT6] Fülep, T., Nádai, L.: Biztonságkritikus járműrendszerek kvalitatív megbízhatósági elemzése, *A jövő járműve – Járműipari innováció*, 2007/1-2, 35-37. o.

Nemzetközi konferencia-kiadványban megjelent idegen nyelvű publikáció

- [FT7] Fülep, T., Palkovics, L.: Reliability analysis of redundant electronic brake system for heavy goods vehicle, *Proceedings of the 9th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies* (Ed. by Prof. I. Zobory), BUTE Budapest, 8-10 November, 2004, ISBN 963 420 875 4, pp. 303-310.
- [FT8] Fülep, T., Lengyel, D.: Development of electronic dynamic system for road vehicle using data of accident analysis, *Proceedings of the 9th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies* (Ed. by Prof. I. Zobory), BUTE Budapest, 8-10 November, 2004, ISBN 963 420 875 4, pp. 311-316.
- [FT9] Fülep, T., Palkovics, L.: Reliability analysis of electronic brake system for heavy duty vehicle, *European Automotive Congress (EAEC 2005)*, Beograd, Serbia, Serbia & Montenegro, 30 May-1st June, 2005, ISBN 86-80941-30-1.
- [FT10] Fülep, T., Óberling, J.: Reliability analysis of an electronic brake system for heavy duty vehicles applying qualitative methodology, *Proceedings of the International Conference on Vehicle Braking Technology* (Ed. by Prof. D. Barton and Dr. J. Fieldhouse), St William's College, York, United Kingdom, 7-9 May 2006, ISBN No. 0 85316 245X, pp. 83-94.

- [FT11] Fülep, T., Óberling, J., Palkovics, L.: Design of redundant brake-by-wire architecture for commercial vehicles based on qualitative reliability approach, Journal of KONES Powertrain and Transport (Ed. by Prof. A. Jankowski), 2006, Vol. 13, No. 1, ISSN 1231 – 4005, pp. 7-16.
- [FT12] Gerum, E., Palkovics, L., Fülep, T.: Brake-by-Wire System in Nutzfahrzeugen – Treiber und Probleme, 2. Grazer Nutzfahrzeug Workshop Handout, Österreich, 12. Mai 2006
- [FT13] Palkovics, L., Straub, L., Koleszár, P., Fülep, T.: Electronic stability control - status of the international legislation with commercial vehicle focus, 9th International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions, June 18-22, 2006, The Pennsylvania State University, State College, Pennsylvania, United States of America. (Available on CD)
- [FT14] Koleszár, P., Voith, A., Palkovics, L., Kandár, T., Fülep, T.: Integrated commercial vehicle chassis control, World Automotive Congress, FISITA 2006, 22-27 October, Yokohama, Japan. (Available on CD)
- [FT15] Fülep T., Óberling J.: Design of x-by-wire architectures based on reliability analyses of electronically non-redundant systems, Proceedings of the 10th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies (Ed. by Prof. I. Zobory), BUTE Budapest, 2006. (Accepted for publication)
- [FT16] Fülep T., Óberling J.: Qualitative reliability approach of redundant brake-by-wire design for commercial vehicles, 11th European Automotive Congress (EAEC 2007) ‘Automobile for the Future’, 30 May - 1 June 2007. (Available on CD)
- [FT17] Fülep T., Michelberger P., Nádai L.: Applicability of qualitative reliability analysis for redundant systems, Proceedings of the 3rd International Symposium on Computational Intelligence and Intelligent Informatics (ISCIII '07), IEEE Catalog Number: 07EX1756C, ISBN: 1-4244-1158-0, Library of Congress: 2007923135, Agadir, Morocco, March 28-30, 2007.

Hazai folyóiratban és konferencia-kiadványban megjelent magyar nyelvű publikáció

- [FT18] Palkovics, L., Koleszár, P., Fülep, T.: Az elektronikus menetstabilizáló rendszerek - a nemzetközi jogalkotás jelenlegi állása (Electronic stabilization programs – The present situation of international law-making), Magyar Autóipar (Hungarian Automotive Industry), 2006. március, 12-20. o.
- [FT19] Fülep, T., Palkovics, L.: Elektronikus jármű és infrastruktúra rendszerek a közlekedésbiztonság növelésének szolgálatában, 6. Európai Közlekedési Kongresszus, Budapest, 2007. április 25-27., 59-61. o.