

**SZENT ISTVÁN EGYETEM**

**INTELLIGENS MÉRŐ- ÉS KEZELŐRENDSZEREK MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSA,  
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A NAGY BIZTONSÁGI KÖVETELMÉNYEKRE**

**Doktori értekezés tézisei**

Szász Olivér

Gödöllő

2005

A doktori iskola

**megnevezése:** Műszaki Tudományi Doktori Iskola

**tudományága:** 2.9 Agrárműszaki tudomány

**vezetője:** Dr. Szendrő Péter  
egyetemi tanár, a mezőgazdasági tudományok doktora  
SZIE Gödöllő, Gépészmérnöki Kar, Géptani Intézet

**Témavezető:** Dr. Walz Géza  
egyetemi docens, a műszaki tudomány kandidátusa  
SZIE Gödöllő, Gépészmérnöki Kar, Géptani Intézet

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető jóváhagyása

## Tartalomjegyzék

<b>1</b>	<b>BEVEZETÉS</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CÉLKITŰZÉSEK</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>ANYAG ÉS MÓDSZER</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>EREDMÉNYEK</b> .....	<b>9</b>
4.1	A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI .....	9
4.1.1	<i>Orvosi kezelő berendezés vizsgálati eredményei</i> .....	10
4.1.2	<i>Folyadékűtő vizsgálat eredményei</i> .....	11
4.1.3	<i>Szélturbina vizsgálati eredményei</i> .....	12
4.2	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK .....	14
<b>5</b>	<b>KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK</b> .....	<b>14</b>
5.1	AZ ORVOSI KÉSZÜLÉK TOVÁBBFEJLESZTÉSE .....	14
5.2	FLUKTUÁCIÓ-VIZSGÁLAT A KONSTRUKCIÓ KIEGYENSÚLYOZOTTSÁGÁRA .....	15
5.3	FLUKTUÁCIÓ-VIZSGÁLAT A NEM-ELHASZNÁLÓDÁSI HIBÁKRA .....	15
5.4	AKTÍV FLUKTUÁCIÓ-VIZSGÁLATOK .....	16
5.5	FELÚJÍTÁSOK, UP-GRADE MUNKÁK KONTROLLJA .....	16
5.6	ÚJABB KUTATÁSI LEHETŐSÉGEK .....	16
<b>6</b>	<b>AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK</b> .....	<b>16</b>
6.1	FOLYÓIRAT CIKKEK: .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
6.2	KONFERENCIA KIADVÁNYOK: .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
6.3	SZABADALMI BEJELENTÉSEK: .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>



## 1 Bevezetés

A közvélemény az intelligenciát kizárólag az ember sajátosságának tartja. A mesterséges, ember által létrehozott rendszerek, bármilyen modern és komplex jellemzőkkel is rendelkeznek, nem képesek érzelmi életet „élni” és még kevésbé képesek ezeket az érzelmi „tényezőket” működésük során, eredményeiket lényegesen módosítva felhasználni. Ezeket az intelligenciaelemeket azonban nem kell feltétlenül az intelligens gépekre és elvárható funkciójukra is átruházni. Elegendőnek tűnik ugyanis, ha a gépi intelligenciát a tanulási és adaptív készségek, a kombinatív döntéshozatal, a szelektív, célirányos adat-gyűjtés (felismerés) és az elemi asszociatív önfejlesztés elemeivel ruházzuk fel. Ezek a tulajdonságok, bár az emberiséget egyöntetűen jellemzik, de nem minden emberi egyed azonos mértékű sajátja, (pl. sokszor az emberi intelligencia egyéni mutatói romlanak az érzelmi töltés motiválta határozatlanság, a döntésképtelenség, az alkalmazkodó-képességi hiányok, a tanulási és/vagy információszerzési igénytelenség, az esetleges fizikai és/vagy teljesítőképességi hiányok, adottságok, vagy csak egyszerűen a figyelmetlenség, leterheltség, fáradtság, stb. okán). Ilyen esetekben a rendszert ellenőrző, érzelmileg nem befolyásolható, pszichésen és körülményektől nem zavart gép képes meghozni a megkívánt döntéseket, képes felülbírálni az esetleg hibázó embert, képes az intelligens ember (limitált mértékű, de egyes esetekben elengedhetetlenül fontos) helyettesítésre. Ilyen értelemben a készülékek intelligensek. Dolgozatomban a gépek intelligenciáján ezt a korlátozott definíciót fogom érteni.

Korunk technikai fejlődésére nem csak a technikai eszközök funkcióinak növekedése, finomodása jellemző, hanem a háttérben meghúzódó biztonsági megoldások is jelentős szerepet kapnak. Ebbe a körbe nem csak az elektronikus megoldások, hanem a mechanikai, logikai, szoftveres, vagy egyéb felhasznált technikák is bele tartoznak. Ugyanebbe a körbe tartozik az elkészült berendezések meghibásodási biztonságához szorosan kötődő eszköz-élettartam vizsgálat és az ehhez szükséges statisztikai módszerek.

A modern technikával együtt járó számítógépes illetve processzoros vezérlések, beprogramozott automatizmusok és védelmi funkciók kézbe tartása, kontrollja és továbbfejlesztése igen speciális szakértelmet igényel. A modern ember számára a technika áldásai csak akkor jelentenek előnyöket, ha azok veszélyei nem lényegesebbek, illetve folyamatos ellenőrzéssel kiküszöbölhetőek. A modern eszközök tervezése elképzelhetetlen a megfelelő biztonsági és élettartam kiértékelés nélkül; hiszen nem csupán a biztonság és balesetvédelem, de komoly gazdasági szempontok is meghúzódnak ennek szükségessége mögött.

Az utóbbi évtizedekben a technika fejlődésének (elsősorban az elektronika és a szoftverek terén) köszönhetően, egyre több olyan eszköz/berendezés (gépészeti kialakítás) került az emberek kezébe, melyekben rejlő potenciális veszélyt azok felhasználói nem is sejtik, vagy egyszerűen képtelenek végiggondolni és mérlegelni azt.

A téma fontosságát jelzi, hogy 1998-ban az Európai Unióban kötelezővé vált a forgalomba került eszközök, berendezések komplex bevizsgálata, minősítése, melyet a CE szimbólum jelez. Természetesen a bevizsgálás követelménye, folyamata erősen függ attól, hogy mi a felhasználási cél. A rendszert alapvetően a nagybonyolultságú, vagy magas technikai színvonalat képviselő vagy akár a mindennapi felhasználás során esetlegesen potenciális veszélyforrást jelentő termékek folyamatos szakmai kontrollja, a kockázatának minimálisra szorítása hívta életre.

Dolgozatomban bemutatom az általam kidolgozott és a gyakorlatban széles-körben alkalmazott nagy biztonságú, intelligens rendszer felépítését és eredményeit. A tapasztalatok alapján olyan vizsgálati módszert vezetek be és valósítok meg, mely egyértelműen segíti a gépi intelligencia működését, a komplex ellenőrzési, „asszociatív” előrejelzési és kiegyensúlyozott működési feltételeinek folyamatosságát. A készülékek adaptív jellegét (öregedési folyamatok, környezeti

hatások, „tanulási” algoritmusok és folyamatok) követve módszerem lehetővé teszi a karbantartási igények megjelenítését még a készülék meghibásodásának jelei előtt. Ugyancsak lehetővé válik a készülékek kiegyensúlyozott fejlesztésének és harmonikus működésének kontrollja is. A megközelítés különlegessége, hogy nem az individuális és független információk összessége, összerakása, kiértékelése, mérlegelése és a megfelelő halmazon hozott döntés folyamatát célozza, hanem a komplex rendszerek egymásra ható tulajdonságai alapján kollektív információkat használva stratégiai és előrejelző döntések meghozatalát teszik lehetővé. Ennek megfelelően nem a lineárisan független bázisok keresése a fontos a leírás szempontjából, hanem éppen az összefüggések és azok dinamikai meghatározottsága adja a döntési információ alapját.

## 2 Célkitűzések

Dolgozatom célja a gép- és műszer-gyártás produktumaiként létrejövő alkalmazott komplex rendszerek minőségi kontrolljának kidolgozása, a biztonságos intelligens vezérlők/szabályzók minőségbiztosításának dinamikai tárgyalása. Ehhez a gyakorlatban tényleges processzoros áramköröket valósítok meg, mely a nagybiztonságú intelligens rendszerek „egyetlen hiba állapot”<sup>1</sup> feltételeinek megfelelnek, és univerzálisan alkalmazhatóak ellenőrzési és szabályzási feladatok ellátására a mezőgazdasági gépészet, finom-gépgyártás és nagyigényű műszeripar (pl. állat- és embergyógyászati berendezések, biológiai kontrollok, felügyelő és ellenőrző rendszerek) területén. Céлом megadni olyan mérhető és folyamatosan kontrollálható paraméterhalmazt, mely a készülék aktuális állapotát, működési minőségét képes nagy biztonsággal követni, és képes a tényleges meghibásodás előtt, még a megfelelő működés körülményei között előre jelezni a karbantartási szerviz-igényt, stratégiai döntések meghozatalában jelent támaszt a felhasználónak. Ezzel jelentős kockázat-csökkentést lehet elérni, nem is beszélve a gazdasági és feltétel-rendszeri előnyökről.

Alapvetően felhasználok, hogy az intelligencia és az ahhoz kötött döntések a kollektív adathalmazokhoz rendelve, azokat nem lehet lokális döntésekhez kötni, hiszen az asszociatív és az összefüggéseket figyelembe vevő döntéshozatalt tartjuk intelligensnek. A gépek általában az ember taktikai (aktuális) döntéseit segítik, az intellektus jegyeit nem hordozzák, az egyes műveletek kontrolljával illetve az esetleges hibás, aktuális veszélyt jelentő emberi döntés korrekciójával, felülbíráásával (pl. gépkocsi biztonsági berendezések), adnak támpontokat. Jelen dolgozatomban olyan stratégiai döntéshozási mechanizmust dolgozok ki, mely az aktualitások halmazán stratégiai előrejelzésekre, „jóslásokra” képes.

Úgy gondolom, hogy dolgozatom eredményeivel sikerült olyan nagy biztonságú, és a jövőben előálló esetleges problémákkal reálisan kalkuláló automatikus rendszer-vezérlést kidolgozni, mely az intelligens számítógép-vezérelt rendszerek minőségét és annak biztosítását jelentős mértékben segíti, és az eddig ismert módszereknél nagyobb hatásokkal képes a rendszer a felhasználók számára kiszámítható és magas minőségű körülményeket biztosítani.

## 3 Anyag és módszer

„Ha valami elromolhat, az el is romlik!” Ez az “örökérvényű Murphy-törvény” mélyen gyökerezik a köztudatban. Ugyanakkor ennek igazsága nyilvánvalóan megköveteli a biztonság és általánosan a minőségbiztosítás megfelelő rendszerét. Ezért minden berendezést felügyelni, javítani kell, ami minden eszköz, berendezés műszaki és kereskedelmi velejárója. A nagy bonyolultságú, összetett rendszerek esetén ez különös hangsúlyt kap, hiszen:

- megnő a lehetséges hibák száma,

---

1 Egyetlen hiba állapot: (Single Fault Condition (SFC)) Olyan állapot, amelynél vagy amely feltételt teljesítő készülékben egyetlen meghibásodás vagy a biztonságos működéshez feltételezett egyetlen körülmény negatív változása nem vezethet biztonsági kockázatra. (MSZ EN 60601-1:1997)

- nagy a hibajavítás idő- és költségfordítása,
  - nagy a működőképesség kiesésének ára (tényleges és morális)
  - tetemesek a hibamegelőzés és az időszaki ellenőrzés költségei
  - a gyakori alkatrészcsere rendszer-hibákat eredményezhet,
  - a szükséges fejlődéskövetés további összehangolatlanságot okozhat,
- nagy számú érzékelő folyamatos figyelése szükséges a biztonságos működéshez,

A nagy-megbízhatóság legfontosabb követelményei:

1. A redundancia feltételek. Feladata, hogy a berendezés meghibásodott részét ideiglenesen vagy véglegesen képes legyen helyettesíteni, vagy a hiba végzetességét megakadályozni. (Pl. orvosi berendezésben SFC, liftnél pót-kötél vagy pót-fék, stb.)

2. Funkcionalitási feltételek:

A berendezés következetesen látja el funkcióját

A berendezés működése mindenkor ellenőrzött

3. Szerviz/karbantartási feltételek:

A berendezés szerviz-feltételei adottak

A meghibásodás karbantartással elkerülhető

Dolgozatomban a működés folyamatos, mindenkori ellenőrzésére és a megelőző karbantartás lehetőségeire koncentrálok. Részletesen tárgyalom a meghibásodás matematikai kiértékelésének alapjait és a hozzá szükséges statisztikai eszközöket.

A klasszikus statisztikai módszerek hipotézisvizsgálatok. Ez azt jelenti, hogy egy előre megfogalmazott hipotézis igazságát nagyszámú vizsgálattal igazoljuk vagy elvetjük. Ez viszont egy bonyolult intelligens rendszer esetén vagy egyáltalán nem alkalmazható, vagy igen nagy mennyiségű és minden lehetséges esetet bemutató vizsgálati anyag kellene, ami az esetek döntő hányadában lehetetlen, hiszen egyedi, kisszámú berendezés és igen nagy, széles tartományú alkalmazás, valamint szinte beláthatatlan variációs lehetőségek kerülnek elő a berendezés tényleges működése során. Maga a szoftveres irányítás sem tesz lehetővé ilyen klasszikus hipotézisvizsgálatot. A megfelelő kiértékelés alapja, hogy a rendszert általában szétbontják jól kezelhető alrendszerekre, és ezekre külön-külön végzik el a meghibásodási statisztikát. Így ha minden alrendszer egyedileg mért kontrollja rendelkezésre áll, az alrendszerek statisztikai értékelésével a karbantartási szerviz ideje kialakítható. Ugyanakkor ez nem a komplex rendszer meghibásodási valószínűségén alapszik, csak a részegységek meghibásodási statisztikáiból von le következtetéseket a teljes rendszerre.

Ehhez új módszer kell. Felismerték, hogy az előre elhatározott próbafüggetvények (próbaeloszlások, hipotézisek) sokszor félrevezető, olyan kényszerpályákat állítanak be a vizsgálatba (bias) melyeket az objektivitás és a megfelelő hűség miatt el kellene kerülni. Egy új elmélet jött létre, mely „Bayesian statisztika” néven vonult be a tudomány eszköztárába. Az új statisztikai paradigma Bayes módszere, mely az előzmények (okok) (apriori) és a következmények (okozatok) (aposteriori) kapcsolatát feltételes valószínűségekkel írja le, úgy, hogy a kezdeti előzményi eloszlás lényegtelené válik az egymás után rekurzív módon alkalmazott, láncba rendezett események együttesén. Ez a direkt eloszlások helyett feltételes eloszlások meglétét kívánja meg, aminek meghatározása sokszor igen bonyolult feladat. Választott módszerünk ezen, a statisztika egyre népszerűbb paradigmáján és a rekurzív önszervezés módszerén alapszik.

Az önszervezés az egymásra épülő, egymás munkáját feltétlenül igénylő, és egymás dinamikáját okságilag is meghatározó részrendszerek kölcsönös meghatározottsága, komplex működése során jön létre. A modern sokfunkciós és számítógéppel kontrollált bonyolult gépipari és beavatkozó berendezések, a környezetükkel sokoldalú kapcsolatban álló komplex rendszerek általában nem-egyensúlyi, nem stacioner állapotúak, és magas szintű hierarchikus struktúrával rendelkeznek. A

struktúrát alkotó alrendszerek sokféle módon fizikai, kémiai folyamataikon vagy más informatikai hálón keresztül kapcsolódnak egymáshoz. Az egyes alrendszerek által generált fizikai, kémiai, információs jelek amplitúdója, karakterisztikus ideje vagy más jellemzője széles határok között változhat. Pl. a legegyszerűbb biológiai rendszerek is nagyon sokféle folyamatot mutatnak az egyes karakterisztikus időskálákon, melyeket skálázás kapcsol egymáshoz.

A nyílt, diszzipatív rendszerek esetében (alapvetően minden nem spontán termodinamikai változást realizáló történés pl. hőerőgépek, biológiai rendszerek, elektromágneses sugárzók, stb., mind ilyen rendszerek) a zaj csökkentése a kölcsönhatások merev rögzítésével lehetetlen, hiszen a nyílt, diszzipatív tulajdonság a környezettel történő határozott kölcsönhatást tételezi fel. A valóságos, irreverzibilis dinamikai rendszereknél éppen ezért mindenképpen kell zajjal (fluktuációval) számolnunk, legfeljebb olyan dinamikai módszereket alkalmazhatunk, melyek ezt elnyomják, a lehetőségek szerint kiemelik a „hasznos” jelet. Azonban észre kell vennünk, hogy a zajokban a teljes dinamika szerepel, és lényegében minden dinamikus változó melynek kölcsönhatásai szerepet kapnak az adott (kívánt/hasznos) jel létrehozásában megjelenik benne a teljes rendszert átfogva. Ez lehetővé teszi, hogy ezekkel a rendszert teljes egészében vizsgáljuk, és a rendszer működését az aktuális zajspektrumából analizáljuk. A kopási, elhasználódási, fáradási, folyamatában keletkező meghibásodások (általában stohasztikus változásokon keresztül zajlanak) mindegyike a zajspektrum folyamatos változását fogja eredményezni. A zaj-spektrum folyamatos mérése és trendjeinek kiértékelése tehát lehetővé teszi, hogy az elhasználódási (kifáradási, stb.) folyamatokat előre jelezzük.

Amennyiben a rendszer komplex, úgy a rendszer  $1/f$  típusú (rózsaszín) zaj-teljesítmény sűrűség függvényt mutat. Ebben az esetben a korrelációs hosszak kiterjednek a rendszerre, vagyis a rendszer minden dinamikai műveletében minden részdinamikai történés mindig részt vesz. („Cseppben a tenger” elv.) Ennek alapján követni lehet a rendszer működésének változásait, és megfelelő automatizálással és szoftver-figyeléssel előre lehet jelezni az esetleges meghibásodást, illetve meg lehet mondani a szükséges karbantartási szerviz igényét.

Ennek megfelelően a vizsgálat lehetővé teszi hogy a rendszer szokásos öregedési tulajdonságait (az idő múlását) folyamatosan nyomon követhessük. A rendszert jellemző zaj, mint a rendszer szokásos „életvitele” a rendszer sajátos öregedési folyamatairól ad számot. Ezek megfelelő kiértékelése alapján a rendszer öregedéséből adódó meghibásodások előre jelezhetőek, megelőző karbantartásnál figyelembe vehetőek.

Legyen egy hibátlanul működő gépünk, melynek elvárt és hibátlan funkciója periodicitásában látszik. A mechanikai, géptani megoldások döntő többségében forgás, rotáció van. (Ebben is alapvetően különbözik a mesterséges dinamikai megoldás a természetes biológiai fejlődés által kialakított folyamatoktól, ahol forgó mozgás, periodikusan ismétlődő teljes fordulat, mechanikai rotáció egyetlen élő anyagban sem lép fel úgy, mint a rendszer dinamikájának alapja. Ez önhasonló, minden skálán egyforma viselkedésű. Természetesen a készülék egyrészt a saját első alkatrészeivel, másrészt a környezetével állandó és dinamikus kölcsönhatásban áll. Ha ezek a kölcsönhatások nem módosítják lényegesen a működést, akkor csak egy zajként ülnek rá a mérhető periodicitásra. A készülék időbeli viselkedésének Fourier transzformáltja csak egyetlen karakterisztikus frekvenciát fog tartalmazni, és ez korrelálatlan zajként (fehér zaj, nincs frekvencia függése) ül rá a mért periodikus jelre. Minden egyes fordulat természetesen látszólag független az előzőtől, és azt látszólag nem befolyásolja. Ugyanakkor, amennyiben a készülék kopik (változik a kölcsönhatás a fordulattoktól), úgy az egyes egymásra következő fordulatok az előző fordulat által konstruált feltételek mellett fognak bekövetkezni, vagyis azokra „ráülnek”, folyamatosan és egymásra épülve újabb és újabb eredményeket adnak. Ha az egyes fordulatok által „hátrahagyott” változások nem lényegesek, vagyis a teljes rendszer reverzibilis és nem öregszik, akkor a frekvenciában mérhető változást nem tapasztalunk. Ugyanakkor azonban, ha az öregedés nem reverzibilissé teszi a rendszert, akkor minden egyes fordulat más körülmények között zajlik, a frekvenciaspektrum változik, bár a karakterisztikus frekvencia továbbra is megmarad, csak megjelennek mellette más frekvencia komponensek is. Ha a folyamatok egymásra épülő, rekurzív

módon módosítják a fordulatszámot, akkor a frekvenciaváltozás már nem lesz korrelálatlan fehér zaj, hanem rendszeresen jelenik meg a teljesítmény spektrumban, a magasabb frekvenciák felé csökkenően, az alacsonyabb frekvenciákat preferálva. Ennek alapján a rekurzív információ mérhetővé válik, az öregedési folyamat a teljes rendszerre jellemzően kontrollálható és a folyamat dinamikája becsülhető lesz. Ez egyértelműen a Bayes-féle rekurzívan alkalmazott lánc vizsgálata, ahol szukcesszíven az apriori és aposteriori feltételek egymásra épülése a szerkezet alapja. Ahogy korábban megmutattuk, elegendően nagyszámú lépés után a kiinduló valószínűség-eloszlás tényleges függvénye lényegtelené válik.

## 4 Eredmények

### 4.1 A vizsgálatok eredményei

Eredményeim a nagybiztonságú intelligens rendszerek fejlesztésében három nagy csoportra oszthatóak:

1. Létrehoztam olyan, orvosi berendezésben is alkalmazható, sokoldalú, biztonságos és intelligens vezérlőrendszert, mely nagytekintélyű bevizsgáló intézet által is tanúsítva képes a berendezést biztonságosan kontrollálni és az egyszeri hiba feltételnek is eleget tesz. Ennek a munkának teljes egészét átfogva a rendszer szoftverjét kizárólag magam készítettem. A szoftveres vezérléshez szükséges multiprocesszoros hardver készítését megterveztem és magam irányítottam. Az általam kifejlesztett rendszer kereskedelmi forgalomban kapható orvosi berendezések alapvető része, elengedhetetlen tartozéka. A teljes vezérlő rendszer a bevizsgáló német intézet folyamatos ellenőrzése mellett tart lépést a legmodernebb elektronikai és technikai megoldásokkal és az orvosi gyakorlat változásaival, legújabb eredményeivel. A szoftver a berendezést irányító mikroprocesszorok biztonságos és SFC kapcsolati rendszerét és funkcióit intézi.
2. A kifejlesztett szoftver felhasználói felülete a megszokott ablak-rendszerű, de saját, DOS-alapra fejlesztett, operációs rendszert használó hibák és az esetleges szoftver-vírusok elkerülésére, és az egyszeri hibafeltétel teljesítésére. Ez a rendszer nem követeli meg a Microsoft rendszereknél megszokott ki- és belépési várakozásokat, illetve nem omlik össze, ha váratlanul kikapcsol vagy meghibásodik a készülék. Ugyanakkor felhasználtam a Microsoft ablakszerű megjelenítési formáját annak érdekében, hogy a felhasználó a lehető legismertebb környezetben dolgozhasson és végezhesse a kezelést.
3. Megalkottam egy speciális vizsgálatot, mellyel a nagybiztonságú intelligens (komplex) rendszerek folyamatosan és teljes komplexitásukban ellenőrizhetőek, karbantartásuk tervezhető és működtetésük biztonságos keretek között tartható. Ez az alkotás a komplex rendszerek fluktuációs vizsgálatán alapul, és nemzetközi szabadalmi szintre fejlesztettem alkalmazását.

A találmányi gondolat azon a felismerésen alapul, hogy a zajban/fluktuációban a teljes dinamika szerepel, és lényegében minden olyan dinamikus változó megjelenik benne, amelynek kölcsönhatásai szerepet kapnak az adott (kívánt/hasznos) jel létrehozásában. A zaj/fluktuáció spektrum ezenkívül számot ad a rendszeren belüli korrelációkról is. Ez lehetővé teszi, hogy a rendszert teljes egészében vizsgáljuk, és a rendszer működését a zajspektrumából analizáljuk. A kopási, elhasználódási, fáradási, folyamatában keletkező meghibásodások (általában stohasztikus változásokon keresztül zajlanak) mindegyike a zajspektrum folyamatos változását eredményezi. Az egyes időpontokban megjelenő esetleges elhasználódásból vagy inkompatibilitásból adódó rendszeres eltérésekre ráépülnek a következő időpillanat történései, vagyis minden egyes időpillanatban meglévő eltérés az előző eltérésre „ül rá”, vagyis rekurzív módon származtatható (Markov-lánc). Ez a rekurzivitás adja a fluktuációk rendszeres változásait és így a rendszer univerzális jellemzőjévé válik. Amennyiben a rendszerjellemzők az egyes időpillanatokban csak

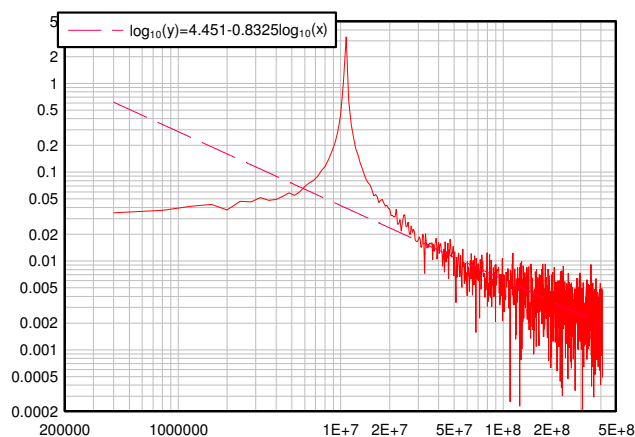
az előző időpillanattól függték, úgy a rendszer fluktuációs viselkedése a leginkább a Brown-mozgás jellemzőivel és a Brown-zajjal írható le. Ha azonban a rendszer bonyolultsága hosszú korrelációkat is meghatároz a rendszeren belül, akkor a zaj mint rendszerjellemző más színes zajokhoz, ideális esetben az  $1/f$ -viselkedéssel leírható rózsaszín zajokhoz hasonlít. A zajspektrum felvétele tehát lehetővé teszi, hogy az elhasználódási (kifáradási, stb.) folyamatokat előre jelezzük. Az, hogy mekkora időintervallum tekinthető a rekurzív folyamat „egységének” azt az adott rendszer jellemző frekvenciái határozzák meg. Célszerű, de nem szükségszerű) olyan frekvenciát felvenni alapnak, mely a rendszernek az adott vizsgálatban szereplő karakterisztikus frekvenciáival összevethető.

Mérésekkel igazoltam az önszervező fluktuációs eredményeim helyességét a gyakorlatban. Dolgozatomban három berendezést vizsgáltam és mértem meg részletesen:

1. Egy komplex rákkezelő berendezést, melynek szoftverbiztonságát és vezérlését az előzőekben leírtak szerint én készítettem.
2. Egy processzor vezérlésű, Peltier-rendszerű folyadékűtőt, melynek szoftverét az előzőekben leírtak szerint szintén én készítettem. Ez a berendezés a rákkezelő berendezés egyik alegysége.
3. Kapott adatok alapján kiértékeltem módszeremmel egy telepített szélturbina öregedési folyamatát.

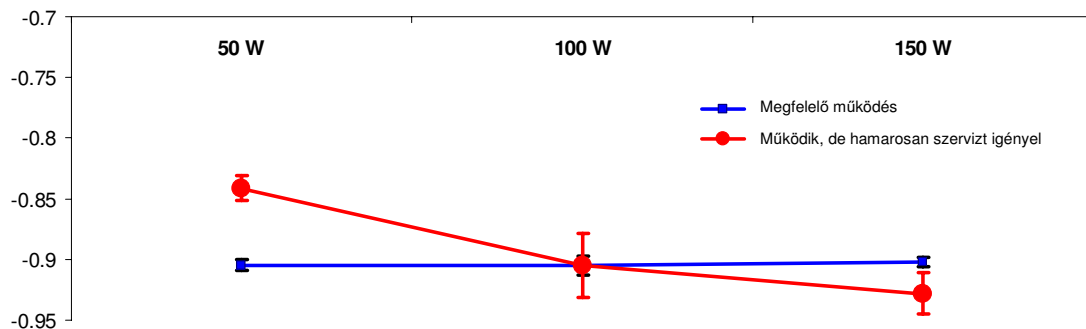
#### 4.1.1 Orvosi kezelő berendezés vizsgálati eredményei

A mérési elrendezést két külön terhelés esetén alakítottuk ki: műterheléssel, melynek impedanciájában képzetes rész nincs, tiszta ohmikus a terhelés, és egy pacienssel mint terheléssel, melynek impedanciája csakis komplex számmal jellemezhető (jelentős kapacitív tagok (sejtmembrán, szöveti dielektrikum változások, vezető, messze nem ideális dielektrikum, stb.), vagyis a terhelés nem ideális, nem tisztán ohmikus. A mért eredmény egy példait a 1. ábra mutatja.



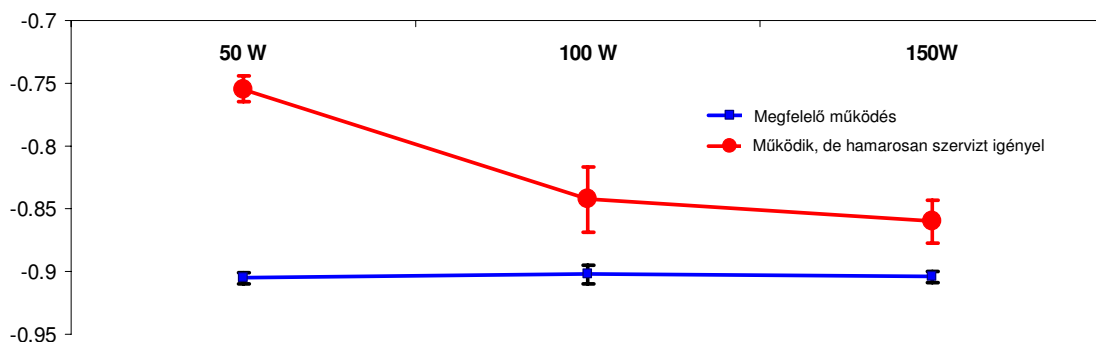
1. ábra. RF erősítő egy mért eredménye

A különböző körülmények között 10 MHz-es letapogatással végzett méréseket összefoglalóan a 2. ábra mutatja. Minden esetben legalább öt független mérés átlagát vesszük az invariáns mennyiség pontos méréséhez.



### Tiszta ohmikus terhelés működő készülékeken

2/a. ábra. A működési körülmények hatása az RF erősítő invariáns paraméterére. (az 50 W, 100 W, 150 W kimenő-teljesítmény mellett kapott értékeket a tiszta ohmos terhelés esetén.)



### Valós beteg a működő készülékeken

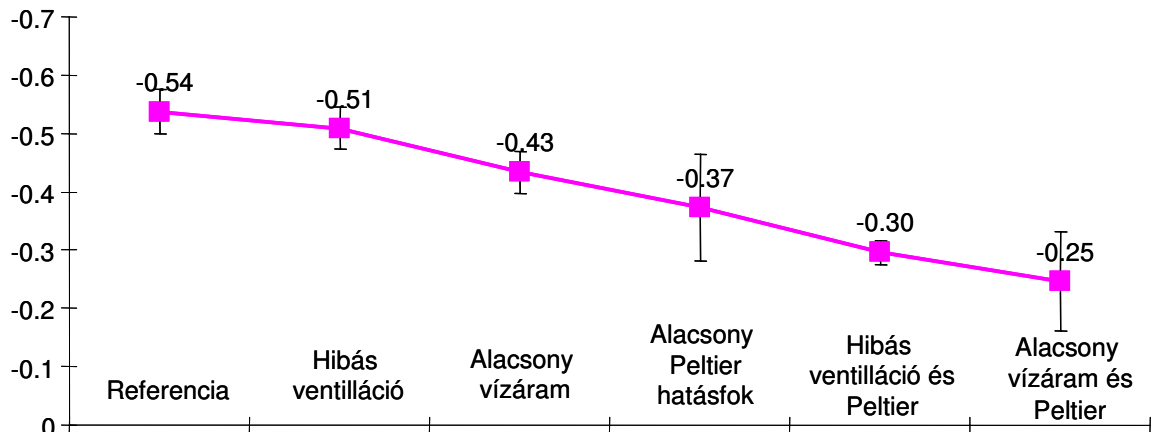
2/b. ábra. A működési körülmények hatása az RF erősítő invariáns paraméterére. (az 50 W, 100 W, 150 W kimenő-teljesítmény mellett kapott értékeket komplex terhelés (beteg) esetén.)

Jól látható, hogy az optimálisan működő készülék invariáns mennyisége akár műterheléssel, akár reális impedanciával mérjük, (kék vonal) gyakorlatilag minden körülmények között azonos, míg a nem optimális (amelyik karbantartó szervizt igényel) erősen változik a körülményekkel mind a két terhelési esetben. Ugyanakkor az is látszik, hogy a tiszta ohmikus terhelés nem ad olyan mértékű különbséget mint a komplex impedancia, mely egyértelműen minden teljesítménynél lerontja a meredekség értékét.

#### 4.1.2 Folyadékűtő vizsgálat eredményei

A különböző körülmények között végzett méréseket összefoglalóan a 3. ábra mutatja. „Referencia” a kifogástalanul működő rendszert adja. „Hibás ventiláció” és „Alacsony vízárám” azonos, nem súlyos hibák felléptét mutatja, „Alacsony Peltier hatásfok” pedig más komolyabb, de a rendszer működését meg nem fatálisan rontó hiba látszik. A vegyes hibákat mutatja az utolsó két pontban felvett mérési eredmény. Minden pont legalább öt mérés reprodukciója, hibáját az ábra mutatja.

## Mért meredekség értékek



3. A hűtőgép különböző működési állapotainak mért értékei. A meredekség az illesztett invariáns.

### 4.1.3 Szélturbina vizsgálati eredményei

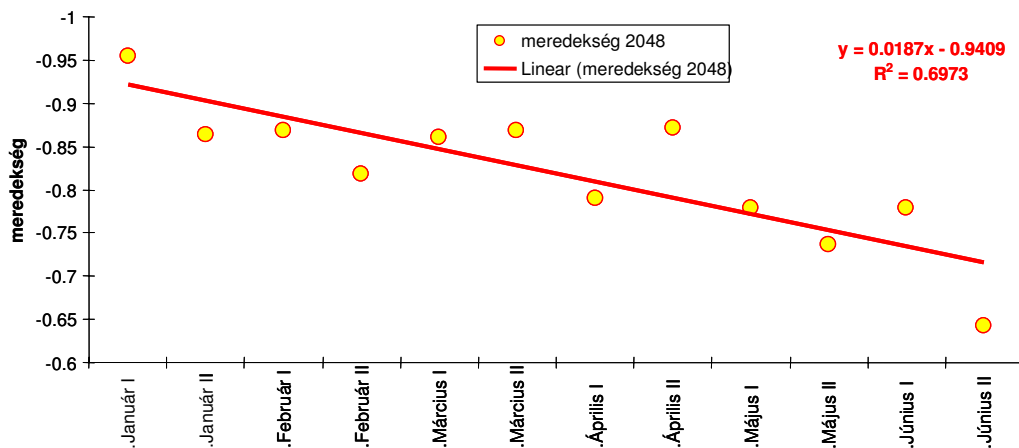
Adatként megkaptam<sup>2</sup> egy Magyarországon kísérleti jelleggel üzemeltetett szélturbina fél éven keresztül, tíz percenként mért kísérleti adatait feldolgozásra. Az adathalmaz több mint 32 ezer pontban vette fel a szélturbina és a környezeti hatások adatsorait. Elemzésemben a kimenő (produkált) elektromos teljesítmény fluktuációit vizsgáltam. Az adatokat  $2048 = 2^{11}$  pontonként csoportosítottam, és Fourier analizáltam. A Fourier analízishez az általam írt szoftvert használtam fel.

A kapott eredményeket ábrázolva, az adatok trendje jól mutatja a szélturbina öregedési folyamatát. A meredekség abszolút értéke a kezdeti 0,9 felettiről tendenciózusan csökken (4. ábra), és a illesztés jóségának mértéke (az illesztés Pearson-szórásának négyzete) is folyamatosan csökken (5. ábra).

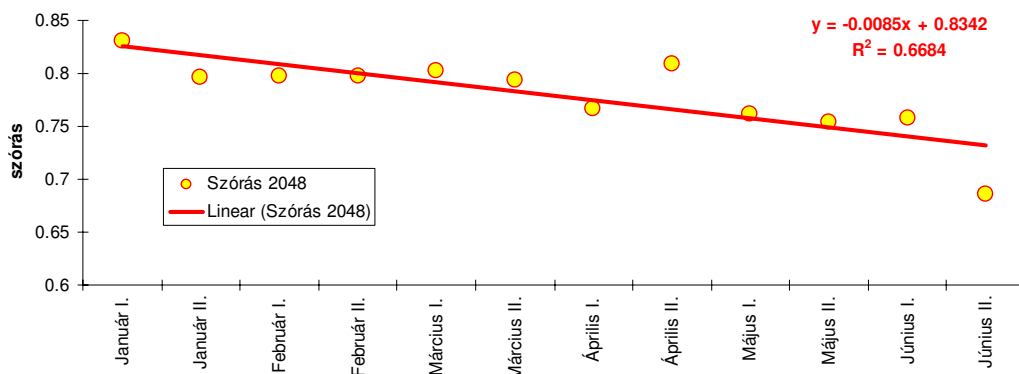
Megfelelő mennyiségű tapasztalattal olyan kalibrációs görbe hozható létre, mely egyértelműen jelezni tudja a leendő hibákat és így a karbantartó szerviz igényét is. A jelenlegi adatokból következően, ez -0,65 határértéknél lejjebb van (hiszen ilyen mérési pontunk volt a fluktuációkból következően) ami kb. 9 hónapos karbantartási igénynél jobbat jelent. A tényleges igény nagy valószínűséggel kb. a -0,5-ös határnál van, vagyis 35 egység után, tehát hozzávetőlegesen (referencia-mérés nélküli megállapítás) 1.5 évenként a szél-turbinák megelőző karbantartása szükséges.

---

<sup>2</sup> Hálás köszönet illeti Dr. Tóth László professzor urat, aki az adatokat rendelkezésemre bocsátotta, és bevezetett a szélturbinák „rejtelméi”-be.

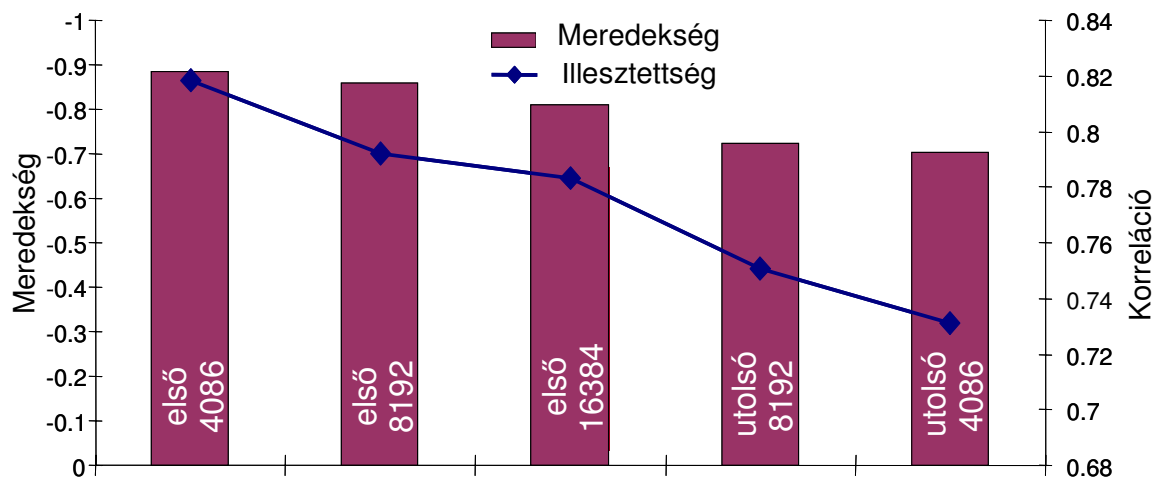


4. ábra. A szélturbina invariáns mennyiségének trendje.



5. ábra. A szórás alakulása az idővel.

Különbözőképpen csoportosítva az adatokat jól látszik (6. ábra), hogy az idő előrehaladtával az illesztett meredekség abszolút értéke csökken, míg az illesztési szórásé nő. Ennek rendszeres vizsgálata jelenleg folyamatban van.



6. ábra. Az adtcsoport választás hatása az illesztett meredekségre és a szórásra.

## **4.2 Új tudományos eredmények**

1. Megvalósítottam és a mindennapi használatba átültettem egy intelligens, nagy-megbízhatóságú vezérlőrendszert. A rendszer több mikroprocesszor együttes munkájával valósítja meg a komplex intelligens rendszerekre jellemző funkciókat. Az intelligens vezérlés az orvosi gyakorlatnak megfelelő egyszeri hiba feltételnek (SFC) tesz eleget. A rendszert funkcionálisan egy nagy német minősítő intézet bevizsgálta és megfelelőnek találta. Ez ma már az európai piacokon kereskedelmi forgalomban kapható orvosi berendezés része.
2. Megvalósítottam és a mindennapi használatba átültettem egy intelligens, nagy-megbízhatóságú, személyi számítógépen történő felhasználásra alkalmas felhasználói rendszert. Az intelligens vezérlés az orvosi gyakorlatnak megfelelő egyszeri hiba feltételnek (SFC) tesz eleget, azzal a megoldással, hogy a megkívánt ablakos megjelenítés megtartásával nem windows-rendszerű operációs rendszert alkalmaztam, hanem DOS alapon kidolgoztam a nagybiztonságú új operációs feltételeket. A rendszert funkcionálisan egy nagy német minősítő intézet bevizsgálta és megfelelőnek találta. Ez ma már az európai piacokon kereskedelmi forgalomban kapható orvosi berendezés része
3. Az egyszeri hiba feltételnek (SFC) eleget tevő vezérlés működése során összegyűjtött tapasztalatok alapján kidolgoztam egy új rendszert, mely beépítésre került az orvosi berendezések új generációjába. A rendszer lehetővé teszi a saját operációs rendszerrel működő vezérlések és a Microsoft windows-alapú irodai számítógépek biztonságos összekapcsolását.
4. Kidolgoztam egy rendszer-invariáns paraméter bevezetésének elméletét és megmutattam, hogy a zajok és fluktuációk megfelelő feldolgozása képes a nagybonyolultságú készülékek működésének ellenőrzésére, a szükséges javítások előrejelzésére és az élettartam becslésére.
5. Megmutattam, hogy ez a rendszer-invariáns paraméter nem függ a keletkezés eredeti eloszlásától, és minden nagybonyolultságú nyitott rendszerre alkalmazható.
6. Kidolgoztam a rendszer-invariáns mérésének feltételeit, és mérésekkel igazoltam a rendszer-invariáns lehetőségeit különböző nagybonyolultságú rendszereken. Ezt a kidolgozott módszert szabadalmaztattam, és jelenleg az alkalmazásokról érdeklődnek Japánból és Németországból.
7. Kidolgozott eljárásom és találmányom az orvosi készülékek új generációjának vezérlésébe is beépül, mellyel lehetővé válik a rendszeres karbantartás biztonságos szervezése anélkül, hogy a betegek kezelését váratlanul meg kellene szakítani vagy a kezeléseket a váratlanul fellépő hiba miatt le kellene állítani.

## **5 Következtetések, javaslatok**

### **5.1 Az orvosi készülék továbbfejlesztése**

A készülék működése és elterjedése határozott továbbfejlesztési igényeket támasztott. Ez a szoftveres és biztonságtechnikai-minőségbiztosítási oldalról a következő igények felmerülését jelentette:

1. Mivel a készülék betegek kezelését végzi, ezért meghibásodása esetleg a beteg kezelésének elmaradását és ezzel a beteg gyógyulásának veszélyeztetését jelenti. Ennek megfelelően olyan módszer kidolgozására volt szükség, mely képes a még működő készülék vizsgálatából az esetlegesen bekövetkező hibákat előre jelezni, és így a szükséges szervizek elvégezhetőek a gép tervezhetetlen leállása nélkül. Ez egyébként egy általános minőségbiztosítási és gazdaságossági kérdéshez is kapcsolódó feladat: meg kell adni a szükséges karbantartó szervizek idejét,

hatókörét és effektivitását. Ez az a feladat, melyre egy új módszert dolgoztam ki, szabadalmaztattam, és nagy sikerrel alkalmaztam is a fejlesztés jelenlegi fázisaiban, és a következő generációs készülékek tervezésében is. Ezt a módszert ismertetem a következőkben.

2. A készülék egyre jobban elterjedt a világban, szervizelése komoly logisztikai és gazdasági háttérrel kívánt meg. Ennek megfelelően a szerviz központi megoldását (ami szintén biztonságtechnikai kérdés) csak akkor lehetett tartani, ha a készülék olyan moduláris rendszerűvé alakul, melyben a modulok postai szállítása után helyben egy betanított segéderő is képes a készülékben modulcserére és a készülék magától képes a cserélt modul után a megfelelő igazító bemérések és hangolások elvégzésére, a modul „felismerésére”. Ez együtt jár a készülék egyes moduljainak processzoros kontrolljával, illetve a teljes vezérlési rendszer átalakításával. Ez a rendszer terveiben már ki van dolgozva, sőt egyes részei már megvalósultak jelenleg kiértékelő fázisban vannak. Dolgozatomban azonban nem kívánom ezeket felmutatni, mert a nagymennyiségű és túlzottan elektromérnöki anyag túl megy a dolgozat keretein.
3. A készülékbe bele kell építeni az időközben kifejlesztett új eredményeket, a szakirodalom és a megfelelő szakmai eredmények beépítését és a készülék teljes körű „up-grade”-jét. Ez a pont alapvetően orvos-biológiai feladat, melyet a mérnöki gyakorlat számára kell megfoghatóvá tenni, és azt minőségbiztosítással, szoftverrel ellátni. Ez a pont túlmegy a jelenlegi disszertáció keretein, tehát itt nem tárgyalom.

## **5.2 Fluktuáció-vizsgálat a konstrukció kiegyensúlyozottságára**

Ugyancsak zajvizsgálattal azt is el lehet dönteni egy adott komplex rendszernél, hogy mennyire kiegyensúlyozott konstrukcióról van szó: ha valamely dinamikai részművelet, részegység nagyobb dominanciával vesz részt az egység működésében, mint a kiegyensúlyozott, csak a szükséges redundanciát tartalmazó ideális eset, akkor a zajspektrum egyre inkább eltér a harmonikus  $1/f$ -től. Ez a módszer a tervezés fázisát képes szabályozni, segíteni.

## **5.3 Fluktuáció-vizsgálat a nem-elhasználódási hibákra**

Természetesen, azok a folyamatok, melyek előzmény nélkül, hirtelen állnak be (általában nem a normális működtetés, hanem attól eltérő, hirtelen behatások, váratlan körülmények, kezelési rendellenesség, stb. keltik ezeket), továbbra sem követhetők ilyen módon. Ugyanakkor, mivel ezek a hirtelen, előzmény nélküli hibák nagy valószínűséggel nem a rendszer normális és szabályszerű működtetéséből erednek (valamilyen az addig nem fellépő hatás keltette, vagyis olyan, mely a rendszer dinamikus működésében addig nem játszott szerepet, hatása a rendszerben nem volt értékelhető). Ez esetleg kiszűrheti az illetéktelen, képzetlen, nem hozzáértő, illegális használatot, vagy olyan használati hibákat, melyeket a felhasználó okoz szakszerűtlen eljárásával vagy a működési körülmények szakszerűtlen megváltoztatásával. Ez a módszer akár az illetéktelen behatolás (az egység műszaki tanulmányozása), vagy illetéktelen re-installáció felismerésére is lehetőséget ad, amennyiben bármilyen dinamikai paraméter megváltozik, és így nyomot hagy a zajspektrumon. Ennek megfelelően a zaj-előzmény nélküli vagy hirtelen és váratlan változások zajspektrummal kísért meghibásodás általában kezelési/környezeti/vis-majör szituációkra utal, ezek szűrése zaj-spektrum megfigyeléssel, folyamatos kontrollal (számítógépes adatgyűjtés), szintén megoldható.

#### **5.4 Aktív fluktuáció-vizsgálatok**

A zajvizsgálatok egy másik lehetséges megoldása a külső zajok felhasználása a rendszer „átvilágítására”. Amennyiben a rendszer nem eléggé komplex, de ciklikus változókat tartalmaz, akkor fehér zaj hatására, mint szűrő viselkedhet, és speciális válasszal (mint egy próba-teszt) indikálhatja a rendszer működésének hibáit vagy megfelelőségét, [Szendrő és Vincze 2001].

#### **5.5 Felújítások, up-grade munkák kontrollja**

Nagyértékű és/vagy helyhez/épülethez/infrastruktúrához kötött berendezések cseréje helyett az a gyakorlat honosodott meg, hogy a berendezések felújításra kerülnek. Ugyan így a felújítás az elektronikai és high-tech fejlődés velejárója a modern kisebb eszközökön is, hiszen a rendkívül gyors fejlődés által diktált tempót berendezés-cserével megoldani igen költséges lenne. A felújításkor, up-grade-kor beépített modulok/alkatrészek/eszközök természetes velejárója, hogy a kicserélt résznél modernebb, esetleg jelentősen jobb tulajdonságokkal rendelkező, de mindenképpen már az előző gyártási technológiához képest más technikai technológiai módszerekkel gyártott cserealkatrész beépítését jelenti. Az ilyen cseréknél határozott rizikót jelent a lecserélt alkatrész kompatibilitása, mely az esetek többségénél (mivel a formai és a közvetlen kiszolgáló felületi azonosság biztosítása természetes) nem közvetlen a kicserélésekor, hanem működés közben, esetleg már csak jelentős káresemények után válik nyilvánvalóvá a csere valamilyen szempontból problémás inkompatibilitása. Ezt a komoly problémát, mely a modern, dominánszerű modulokból álló elektronikai eszközök fejlődésével, a távolról vezérelt szerviztechnikai lehetőségek kialakításával, a teljes modulszerű kompatibilitás igényével napjainkban egyre nő, a zajvizsgálat fenti módszereivel kontroll alatt lehet tartani és a minden szempontból megfelelő kompatibilitást biztosítani lehet. Vagyis a megfelelő zajvizsgálati invariáns mennyiség megkövetelésével az esetleges rejtett kompatibilitási hiba azonnal észlelhető, javítható. Ez különösen fontos lehet a ma már modulrendszerű kiszerezésben kapható eszközök kompatibilitásának bemérésénél (pl. számítógépek és perifériák) melyek kompatibilitási problémái a rendszer teljes használhatóságát képesek megakadályozni.

#### **5.6 Újabb kutatási lehetőségek**

A továbbiakban a módszer széles körben el kívánjuk terjeszteni. Úgy gondoljuk, hogy a komplex rendszerek vizsgálatában egy egyszerű és igen jól használható eljárást sikerült kidolgozni, mely a még olyan bonyolult rendszerek vizsgálatához mint a biológiai szervezetek, illetve az ember-gép kapcsolattal előálló nagybonyolultságú rendszerek vizsgálatában is új irányokat jelenthet. Ezeknek kutatása jelenleg már elkezdődött.

### **6 Az értekezés témakörében megjelent publikációk**

#### **6.1 Könyvrészlet:**

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2005): Physical background and technical realizations of hyperthermia. In: BARONZIO G. F., HAGER E. D.: Hyperthermia in cancer treatment: A primer. Springer Verlag, Landes Bioscience/Eurekah.com, Chapter 3

## **6.2 Folyóirat cikkek:**

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2001): Hipertermia az onkológiában: onkotermia. Medicus Anonymus 2001/11, 32-34 p.

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2001): Electrohyperthermia: a new paradigm in cancer therapy. Deutsche Zeitschriften für Onkologie, 33, 1-9 p.

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2002): Onkotermia: fizika a rák ellen. Fizikai Szemle 2002/2, 45-52 p.

SZÁSZ O., SZÁSZ N., SZÁSZ A. (2002): OncoThermic Radiology (Onkotermiás radiológia). Magyar Radiológia 76:4, absztrakt, 189 p.

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2004): Hyperthermie in der Onkologie: eine aktuell beforschte Behandlungsmethode. Integrative Onkologie, Deutsche Zeitschrift für Integrative Onkologie, 1/2004, 19-27 p.

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2003): Hyperthermie in der Onkologie mit einem historischen Überblick. Deutsche Zeitschriften für Onkologie, 35, 140-154 p.

SZÁSZ O. (2005): Quality examination by using noise dynamical methods. IASTED Biomedical Engineering Conference, February 16-18, paper number: 458-198

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N., VINCZE Gy. (2003): An Energy Analysis of Extracellular Hyperthermia. Electromagnetic Biology and Medicine, 22:2-3, 103-115 p.

SZÁSZ O., VINCZE Gy. (2005): Function diagnostics of complex systems by fluctuations. Submitted to Journal of Applied Physics

## **6.3 Konferencia kiadványok:**

SZÁSZ O. (2000): Nagymegbízhatóságú általános vezérlőrendszerek. Tavaszi szél, Fial Magyar Tudományos Kutatók és Doktoranduszok IV. Világtalálkozója, Gödöllő

SZÁSZ O. (2000): Az elektro-hipertermia berendezések műszaki paraméterei, biztonsága. Szent István Egyetem, Gödöllő, augusztus 24., IIC szeminárium/2.

SZÁSZ O. (2000): Az elektro-hipertermia szoftver biztonsága. Szent István Egyetem, Gödöllő, augusztus 24., IIC szeminárium/9.

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2001): Hyperthermic Radiology. Why to combine? Strahlentherapie und Onkologie, Journal of Radiation Oncology-Biology-Physics, 177, P10,25, 110 p.

SZÁSZ O. (2001): OncoTherm Software, EHY, ECT, PCT, WBH. User's Conference, Essen, május 5.

SZÁSZ O., SZÁSZ N., SZÁSZ A. (2001): Electro-hyperthermia in Oncology. 2nd Cancer Symposium and World Congress on Surgical Oncology, Naples, September 19-22.

SZÁSZ O. (2001): Quality Assurance of the Oncothermia. Medica, Düsseldorf, november 23.

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2002): Onkotermia: lehetőségek és eredmények. A Magyar Klinikai Onkológiai Társaság II. Kongresszusa, Budapest, november 21-23., 46. évf./1. szupplementum, 43 p.

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2002): Az onkotermia gyakorlata és újabb eredményei. Magyar Onkológusok Társasága Tudományos Konferenciája Kecskemét, október 4-5., Lokális és teljestest hyperthermia szekció/1.

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2002): OncoThermic Radiology. Slovenian-Croatian-Hungarian Radiological Symposium, Maribor, szeptember 19-20., abstract book 54 p.

SZÁSZ N., SZÁSZ O., SZÁSZ A. (2002): Electro-hyperthermia: preventing heat shock protein production during hyperthermia. 20th Annual Meeting of the European Society for Hyperthermic Oncology, Bergen, Norway, May 23-25, abstract book 20-21 p.

SZÁSZ N., SZÁSZ O., SZÁSZ A. (2002): Using RF hyperthermia to avoid stress response. 25th BEMS Annual Meeting, Quebec City, Canada, June 23-27, P-28

SZÁSZ N., SZÁSZ O., VINCZE Gy.: Optimal Energy-coupling to Heat Deep-seated Lesions in a Body. 24th BEMS Annual Meeting, Quebec City, Canada, June 23-27, presentation number: 7-8

SZÁSZ O., SZÁSZ N., SZÁSZ A. (2002): Electro-hyperthermia in Oncology. Proceedings of 3rd Cancer Symposium and World Congress on Surgical Oncology, Naples, September 19-22

SZÁSZ O. (2002): Minőségbiztosítás és szoftverfejlesztés az onkotermiában. Szent István Egyetemi napok, Az elektro-hipertermia újabb eredményei és az elektromágneses biohatások szeminárium/11.

SZÁSZ O., VINCZE Gy., SZENDRŐ P. (2003): Meghibásodás számítása nagy-megbízhatóságú vezérlő rendszereknél. MTA Agrárműszaki Bizottság Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 2003

SZÁSZ A., SZÁSZ N., SZÁSZ O. (2003): Electro-hyperthermia: principles and practice. 14th International Congress on Anti-Cancer Treatment, Session II: Regional Tumor Treatment, Paris, Conference Center

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2003): Heat of Field? 7. Deutscher Kongress für Komplementärmedizin, Wilhelmshaven

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2003): Hyperthermia in oncology: Heat of Field? 6th International Congress of the European Bioelectromagnetics Association, P-110

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2004): Temperature or something else? The Kadota Fund International Forum, Osaka, Yamabuta, Japan, paper number 23

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2004): Oncothermia: change of paradigm. The 26th congress of International Clinical Hyperthermia Society, China, paper number HP-01

SZÁSZ A., SZÁSZ O. (2005): Hyperthermia quality assurance control. 22nd Annual Meeting of the European Society for Hyperthermic Oncology, June 8-11, Graz, Abstract book 81 p.

SZÁSZ A., SZÁSZ O. (2005): What is against and how to protect oncological hyperthermia? XXVII International Clinical Hyperthermia Society Annual Meeting, Florence, October 27-28, Abstract book 32-33 p.

#### **6.4 OncoTherm kiadványok:**

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2003): Thoughts and facts on hyperthermia for oncology. OncoTherm kiadvány

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2003): Hipertermia az Onkológia, Radiológia és Tumorsebészet számára (Onkotermia). Szent István Egyetem, Gödöllő, OncoTherm kiadvány

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2003): Electro-hyperthermia: a new paradigm in cancer therapy (OncoThermia). Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Hyperthermie, OncoTherm kiadvány

SZÁSZ A., SZÁSZ O., SZÁSZ N. (2004): Electro-hyperthermia: a new paradigm in cancer therapy (OncoThermia). The 9th International Congress on Hyperthermic Oncology, USA, OncoTherm kiadvány

### **6.5 Szabadalmi bejelentések:**

SZASZ O., SZASZ A., SZASZ N. (2003): Nagyfeszültségű, pormentes, kompakt hangolható kondenzátor, P0300361

SZASZ O., SZASZ A., SZASZ N. (2003): Kis dielektromos állandójú heterogenitások túlmelegítésének elkerülése kapacitív kicsatolású elektromágneses melegítés esetén P0300362

SZASZ O., SZASZ A., SZASZ N. (2003): Felületi tangenciális áramok elkerülése kapacitív kicsatolású elektromágneses melegítés esetén, P 0300360

SZASZ O., SZASZ A., SZASZ N. (2004): Ablációs/hyperthermiás tű mágneses indukciós fűtésen alapuló ablációs eljáráshoz, valamint ilyen tűt tartalmazó ablációs rendszer és tűkészlet, P 0401772

SZASZ O., SZASZ A., SZASZ N. (2004): Csökkentett zajú optikai kapcsoló és eljárás optikai kapcsoló zajsűrésére, P 0401771

SZASZ O., SZASZ N. (2004): Berendezés és eljárás rendszer zajának mérésére tervezési folyamatok, valamint elhasználódás- és minőségvizsgálatok során, P 0402087

SZASZ O., SZASZ A., SZASZ N. (2004): Hipertermiás kezelő berendezés asztma kezelésére, P0402572