

MŰSZAKI SZEMLE

45. szám, 2009.

Szerkesztőbizottság elnöke / President of Editing Committee

Dr. Köllő Gábor

Szerkesztőbizottság tagjai / Editing Committee

Dr. Balázs L. György – HU,
Dr. Biró Károly Ágoston – RO,
Dr. Csibi Vencel-József – RO,
Dr. Fedák László – UA,
Dr. Kása Zoltán – RO,
Dr. Kászonyi Gábor – HU,
Dr. Majdik Kornélia – RO,
Dr. Maros Dezső – RO,
Dr. Nagy László – RO,
Dr. Pécs Hajnalka – YU,
Dr. Puskás Ferenc – RO,
Dr. Szalay György – SK,
Dr. Turchany Guy – CH

Kiadja / Editor

Erdélyi Magyar Műszaki
Tudományos Társaság – EMT
Societatea Maghiară Tehnico-Științifică
din Transilvania
Ungarische Technisch-Wissenschaftliche
Gesellschaft in Siebenbürgen
Hungarian Technical Scientific Society
of Transylvania

Felelős kiadó / Managing Editor

Dr. Köllő Gábor

A szerkesztőség címe / Address

Romania
400604 Cluj, Kolozsvár
B-dul 21. Decembrie 1989., nr. 116.
Tel/fax: 40-264-590825, 594042
Levélcím: RO – 400750 Cluj, C.P. 1-140.

Nyomda / Printing

Incitato Kft.

ISSN 1454-0746

CNCSIS által elismert folyóirat
Revistă acreditată de CNCSIS

www.emt.ro

emt@emt.ro

Tartalomjegyzék – Content– Cuprins

Négy típusú bio-motorhajtóanyag
gazdaságossági és károsanyag-kibocsátási paramétereinek értékelése
Chemical Pollution and Economical Evaluation
for Four Types of Biofuel Blends

Evaluarea economicității și a poluării chimice în cazul utilizării
a patru tipuri de amestecuri de biocombustibil

**BARABÁS István,
TODORUȚ Adrian, CSIBI Vencel-József** 3

Eszközfejlesztés CAN protokoll hálózatok diagnosztikájához
Tool development for CAN network diagnosis
Dezvoltări pentru diagnoza rețelelor CAN

**FODOR Attila, FODOR Dénes,
BIRÓ Károly, Szabó Loránd** 10

Elektrolit kondenzátorok belső gáznyomáson alapuló
élettartam vizsgálata

Inner gas pressure measurement based life-span analyses of
electrolytic Capacitors

Analiza duratei de viață a condensatoarelor electrolitice
bazată pe măsurarea presiunii interne

FODOR Dénes; RIZ Attila 16

Az elektromágneses zavarások kiszámítása numerikus interpolálással

Numerical interpolation methods applied
in electromagnetic interference problems

Aplicarea metodelor de interpolare numerică
la rezolvarea problemelor de interferență electromagnetică

**MICU Dan-Doru, LINGVAY József,
CSUZI István, SIMION Emil, LINGVAY Carmen** 22

A háztartási hulladékok gyűjtése
és szállítása egy gazdaságilag integrált rendszeren belül

Domestic waste collection and transport
within an economically integrated system

Colectarea și transportul deșeurilor domestice
într-un sistem economic integrat

SZÁSZ Imre, ROȘ Victor 31

Elvek és modellek a rendszerek fejlődésében

Principle and Models for System Evolution

Principii și modele în evoluția sistemelor

SZÉL Alexandru 35

A kiadvány megjelenését támogatta:



Szülőföld Alap Iroda – Budapest



COMMUNITAS
ALAPÍTVÁNY

Communitas Alapítvány – Kolozsvár

Négy típusú bio-motorhajtóanyag gazdaságossági és károsanyag-kibocsátási paramétereinek értékelése

Chemical Pollution and Economical Evaluation for Four Types of Biofuel Blends

Evaluarea economicității și a poluării chimice în cazul utilizării a patru tipuri de amestecuri de biocombustibil

Dr. BARABÁS István, Dr. TODORUȚ Adrian, Dr. CSIBI Vencel-József

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar

ABSTRACT

One of today's most important environmental issue is the pollution caused by transport. There is no doubt that engine emissions is linked with severe damages of the environment and human health. The substitution of conventional fuels by biofuels is considered to be a potential way to reduce pollution and support sustainable agriculture.

Biodiesel fuels generally take the form of methyl esters (ME) of plant and animal oils produced through transesterification process.

This paper provides details on pollution tests of methyl ester biodiesel fuels from rapeseed (R), sunflower (N), linseed (L), and waste (restaurant) vegetable (HS) oils produced in a batch transesterification unit and diesel control fuel.

The research took place on a stand equipped with a D-2402.000 engine, hydraulic brake, and data acquisition system, stand belonging to Automotive and Agricultural Machinery Department, Technical University of Cluj-Napoca. Emissions (smoke, CO₂, CO, and C_mH_n) were measured with a SPM 4000 type diagnostic platform.

BEVEZETÉS

A folyamatosan növekvő népesség, a technika fejlődése magával hozza az emberiség közlekedési igényének növekedését is. Ez elsősorban a járműpark számbeli fejlődését eredményezi, ami viszont a környezeti terhelés növekedéséhez vezet.

A gépjárművek környezeti terhelésének csökkentését taglaló viták középpontjában a károsanyag-kibocsátás, a tüzelőanyag-fogyasztás és a zajemisszió témái állnak.

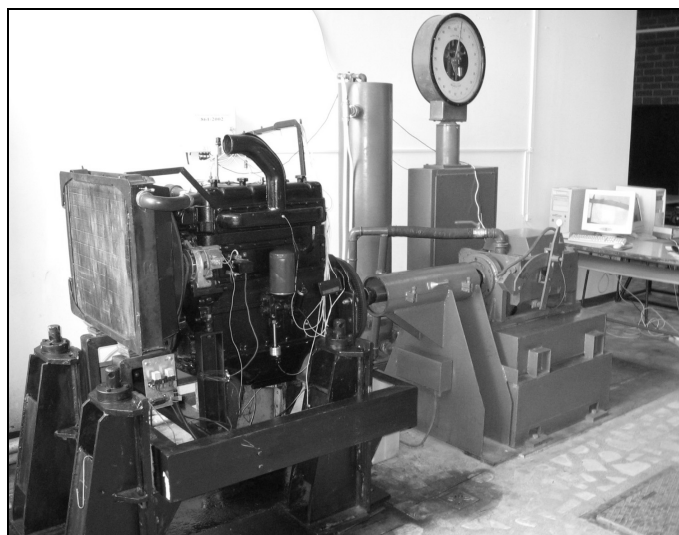
Napjainkban a biohajtóanyagok alkalmazásának két igen fontos vetülete van. Az egyik a környezeti terhelés rohamos növekedése, a másik a fosszilis energiahordozók véges volta.

A biodízelt növényi olajok és állati zsírok átészterezésével nyerik. Írásunkban négy típusú, repceből (R), napraforgóból (N), lenolajból (L), valamint használt sütőolajból (HS) nyert biodízel és gázolaj keverék 10–50 %-os keverékeinek viselkedését tanulmányoztuk.

1. A KÍSÉRLETI KUTATÁSOKHOZ HASZNÁLT BERENDEZÉSEK BEMUTATÁSA

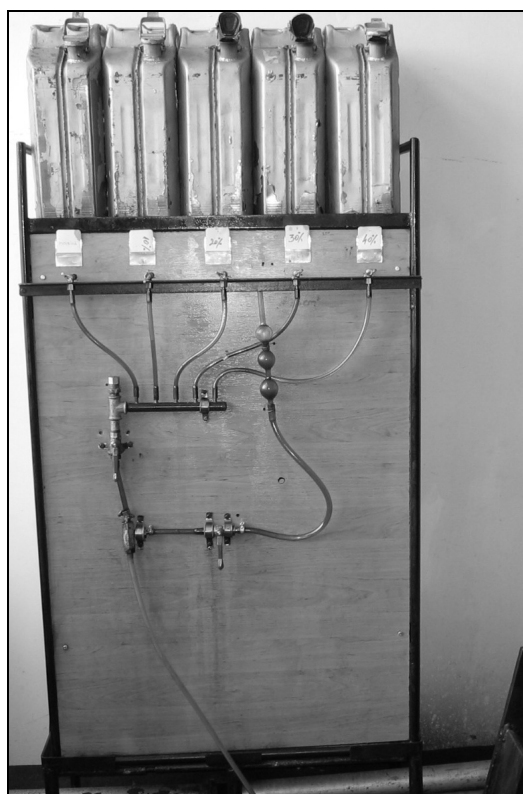
A motorféktermi mérésekhez a következő berendezések szükségesek: motorágy szerelt dízel típusú motorral, hidraulikus fékberendezés, tüzelőanyag ellátó rendszer (tartálycsoport és elosztó-berendezés), hűtőfolyadék és olajhűtő rendszer, kipufogógáz elvezető csövezet, indító és vezérlőpult, mérőberendezések.

Motorfékpad. A felműszerezett D-2402.000 típusú motorral és hidraulikus fékkel szerelt motorfékpadot az 1-es ábra mutatja be. A különböző tüzelőanyagok közötti váltást egy tartálycsoport és megfelelő elosztórendszer segítette (2-es ábra).



1. ábra

A felműszerezett D-2402.000 típusú motor és hidraulikus fékkel szerelt motorfékpad



2. ábra

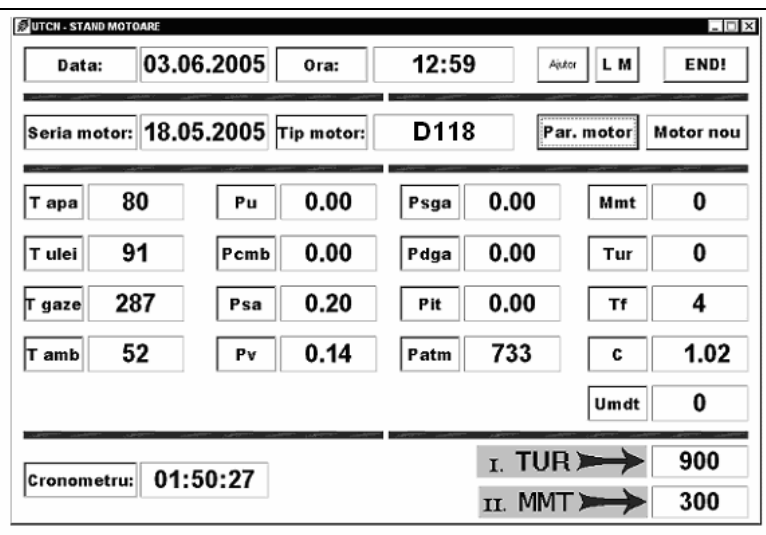
Tüzelőanyag-tartályok és elosztórendszer

Számítógépes adatgyűjtő berendezés. Az adatgyűjtő berendezés a következő részekből áll:

- jeladók a mennyiségek mérésére és átalakítására,
- adatgyűjtő doboz a jeladók által szolgáltatott mennyiségek olvasására, átalakítására és továbbítására (3-as ábra),
- személyi számítógép az adatok feldolgozására, megjelenítésére és rögzítésére.



a)



b)

3. ábra

A számítógépes adatgyűjtő berendezés:

a) az adatgyűjtő doboz a jeladók csatlakozóival b) az adatgyűjtő program mérőablaka

A számítógépes adatgyűjtővel ellátott mérőrendszer a következő mennyiségek valós idejű mérését, regisztrálását és kijelzését teszi lehetővé: hűtőfolyadék hőmérséklet, kenőolaj hőmérséklet, kipufogógáz hőmérséklet, környezeti hőmérséklet, olajnyomás, tüzelőanyag-nyomás, turbónyomás, vákuumnyomás, sztatikus nyomás (kipufogócsonk), dinamikus nyomás (kipufogócsonk), turbófeltöltő nyomás, környezeti nyomás, nyomaték, fordulatszám, hidraulikus fék vízhőmérséklete, tüzelőanyag-mennyiség.

Motordiagnosztikai berendezés. A károsanyag kibocsátás mérésére egy SMP 4000 típusú motordiagnosztikai berendezés segítségével került sor, ami egyéb diagnosztikai paraméterek mellett, lehetővé teszi a kipufogógáz szénmonoxid, széndioxid, szénhidrogén és füst tartalmának megállapítását.

2. MOTORFÉKTERMI MÉRÉSEK

A vizsgált D-2402.000 típusú motor 1000 és 1800 fordulat/perc hasznos fordulatszám tartományában, 100 fordulat/perces lépésben, 9 pontban készültek a mérések. A négy típusú tüzelőanyag vizsgálatához 8 mennyiség változását követve, 24 karakterisztika felvételével, 72 mérési ponton keresztül és összesen 1728 mért vagy számított és korrigált érték ábrázolása volt szükséges. A mérési mátrixot a 1-es táblázat tartalmazza.

A mérési eredményeket az érvényben lévő szabványokban leírt módszerek alapján korrigáltuk.

1. táblázat. A motorféktermi mérések mátrixa

Tüzelőanyag típusa	Keverékek	Mért vagy számított mennyiségek			Mérési pontok, ford./perc
		Megnevezés	Jelölés	Mértékegység	
Repceolaj	6 GO, R10, R20, R30, R40, R50	Effektív teljesítmény	P_e	kW	1000
		Effektív nyomaték	M_e	daN	1100
Lenolaj	4 GO, L10, L20, L30	Óránkénti tüzelőanyag-fogyasztás	B_h	kg/h	1200
		Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás	b_e	kg/kW.h	1300
Napraforgóolaj	7 GO, N10, N20, N30, N40, N50, N100	Szénmonoxid kibocsátás	CO	%	1400
		Széndioxid kibocsátás	CO_2	%	1600
Használt sütőolaj	7 GO, HS10, HS20, HS30, HS40, HS50, HS100	Szénhidrogén kibocsátás	$H_m C_n$	ppm	1700
		Szénhidrogén kibocsátás	K	m^{-1}	1800
		Füstölés			

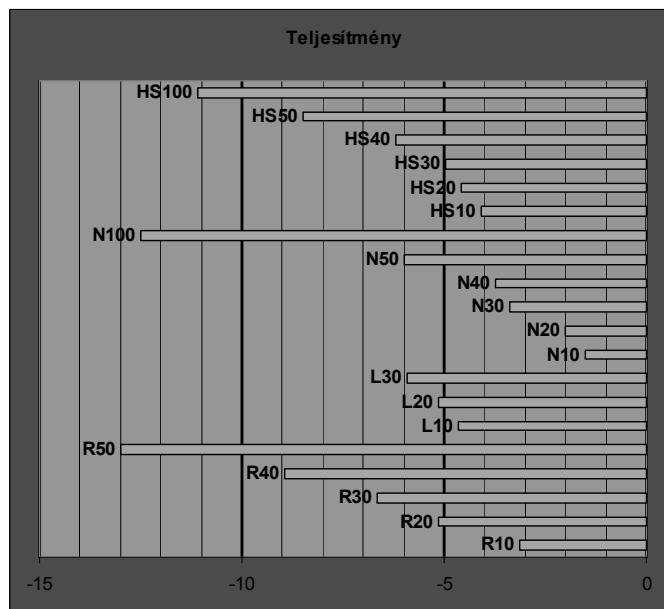
3. A BELSŐÉGÉSŰ MOTOR GAZDASÁGOSSÁGI JELLEMZŐINEK ALAKULÁSA

A vizsgált hatóanyagokkal elért gazdaságossági jellemzőket összehasonlítottuk a gázolajjal mért értékekkel. A kilenc mérési pontban számolt különbségek átlagát a 2-es táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat. A gazdaságossági jellemzők változása, %-ban

Jellemző Tüzelőanyag		M_e	P_e	B_h	b_e
Repceolaj	R10	-3,06	-3,14	4,64	2,96
	R20	-4,97	-5,14	6,09	5,74
	R30	-6,89	-6,67	3,47	8,43
	R40	-8,81	-8,96	11,75	10,94
	R50	-10,65	-12,98	11,89	14,33
Lenolaj	L10	-0,22	-4,65	8,51	7,98
	L20	-0,22	-5,14	2,67	11,14
	L30	-1,32	-5,92	4,03	14,04
Napraforgóolaj	N10	-1,57	-1,50	0,43	2,51
	N20	-2,62	-2,01	1,65	4,62
	N30	-3,66	-3,39	2,13	6,70
	N40	-4,19	-3,74	2,60	7,98
	N50	-5,76	-5,98	3,59	14,44
	N100	-12,04	-12,51	3,77	16,56
Használt sütőolaj	HS10	-4,68	-4,10	0,14	5,75
	HS20	-5,20	-4,57	0,28	7,02
	HS30	-6,24	-4,95	1,40	7,91
	HS40	-6,81	-6,18	2,17	10,26
	HS50	-8,32	-8,48	2,28	12,53
	HS100	-10,93	-11,08	3,14	13,71

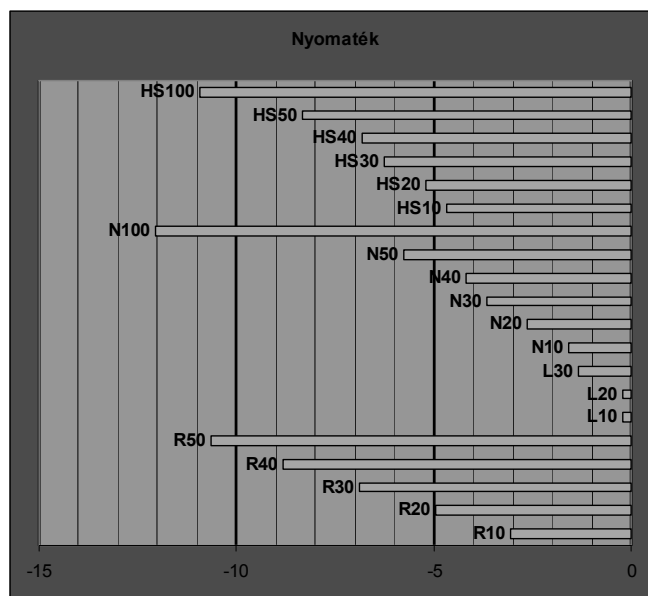
A teljesítmény – a várakozásnak megfelelően – minden esetben kisebb a gázolajjal mért értékekhez képest (4. ábra). Ha a megengedett teljesítmény-csökkenést 5% körülre korlátozzuk (ez körülbelül megfelel egy rosszul beállított motor teljesítmény-csökkenésének), motorhajtóanyagként még jól hasznosítható a repceolaj-gázolaj 20%-os bekeverésig, a lenolaj-gázolaj 10%-os keveréke, a napraforgóolaj-gázolaj 40%-os keverékig, valamint a használt sütőolaj-gázolaj keveréke 30%-ig.



4. ábra

Az effektív teljesítmény csökkenése

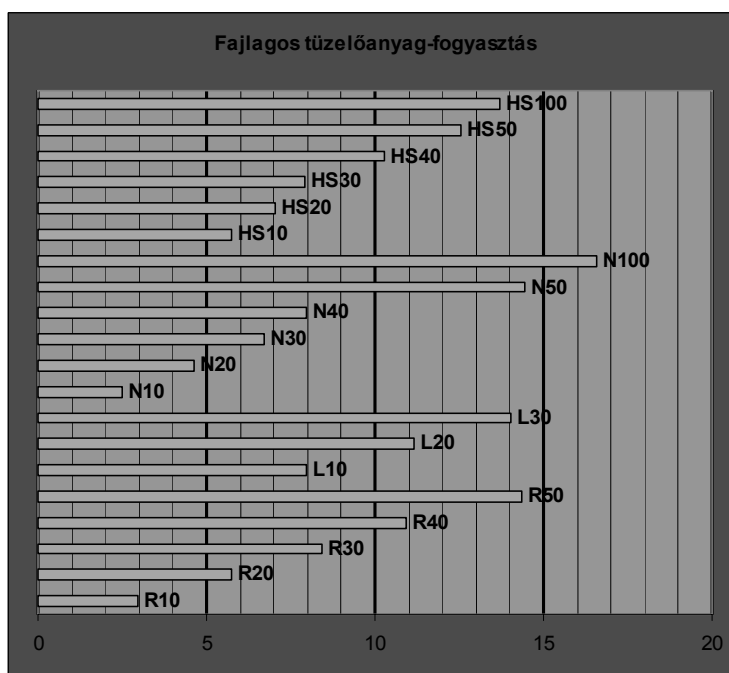
Akárcsak a teljesítmény, a motor forgatónyomatéka is csökkent minden vizsgált hajtóanyag esetében. A használt sütőolaj-gázolaj 30%-os keverékét leszámítva, a teljesítmény értékelésénél említett mindenik hatóanyag esetében a csökkenés 5% alatt marad (5. ábra).



5. ábra
A forgatónyomaték változása

Az óránkénti tüzelőanyag-fogyasztás minden vizsgált hajtóanyag esetében magasabb volt a gázolajéhoz képest. A növekedés egyenesen arányos a keverék növényi olaj tartalmával, de a keverékek túlnyomó többsége esetében az óránkénti tüzelőanyag-fogyasztás 5% alatt maradt.

A fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás minden vizsgált motorhajtó-anyag esetében nőtt. Ez az arány a keverékek növényi olaj tartalmának a növekedésével egyre magasabb. Az előbbieken felsorolt hajtóanyagok közül a lenolaj-gázolaj 10%-os keveréke esetében a legmagasabb. A motor teljesítménye mellett, a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás növekedése további hátránynak számít. Ha az üzemanyag-adag növelésével helyreállítjuk a teljesítmény eredeti szintjét, a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás még magasabb lesz, ami esetenként a tüzelőanyag-tartály térfogatának megnövelését is igényelheti. Gázolajhoz viszonyított százalékpontos változását a 6-os ábrán szemléltettük.



6. ábra
A fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás változása

4. A KÁROSANYAG-KIBOCSÁTÁS KIÉRTÉKELÉSE

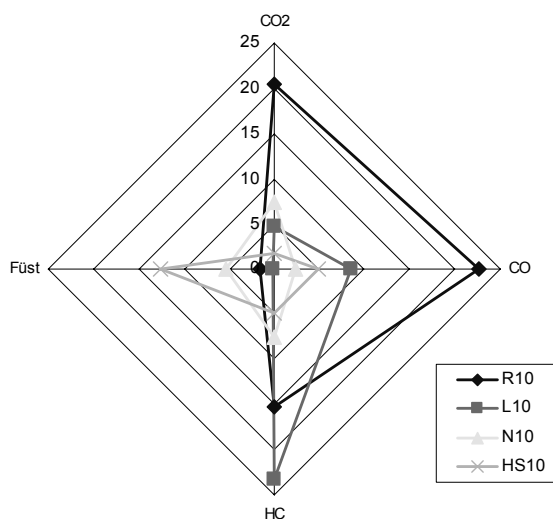
A vizsgált motorhajtó anyagokkal működtetett motor károsanyag-kibocsátását a gázolaj esetében mért értékekkel hasonlítottuk össze (3-as táblázat). Általánosságban megállapítható, hogy a minden vizsgált hajtóanyag esetén a károsanyag-kibocsátás csökkent.

3. táblázat. A károsanyag-kibocsátás változása, %-ban

Károsanyag		CO ₂	CO	HC	Füst
Tüzelőanyag					
Repceolaj	R10	-20,40	-22,68	-15,24	1,63
	R20	-35,28	-10,98	-15,09	-11,65
	R30	-46,65	-12,70	-28,29	-14,29
	R40	-51,77	-28,56	-40,83	-16,91
	R50	-75,97	-54,04	-56,42	-24,43
Lenolaj	L10	4,71	-8,56	-23,21	0,09
	L20	-10,01	-26,95	-42,57	-6,85
	L30	-13,12	-40,96	-53,32	-22,01
Napraforgóolaj	N10	-7,37	-2,32	-7,50	-5,4
	N20	-14,98	-18,86	-21,66	-10,57
	N30	-21,32	-26,41	-32,5	-19,18
	N40	-23,84	-29,55	-41,66	-20,71
	N50	-31,68	-44,65	-50,03	-39,51
	N60	-40,56	-62,89	-69,16	-49,06
Használt sütőolaj	HS10	-1,8	-4,91	-4,88	-12,55
	HS20	-12,4	-15,94	-12,20	-11,56
	HS30	-14	-17,8	-12,20	-15,44
	HS40	-22,22	-26,39	-27,02	-27,05
	HS50	-38,7	-63,20	-45,78	-38,58
	HS60	-43,79	-78,53	54,66	-50,58

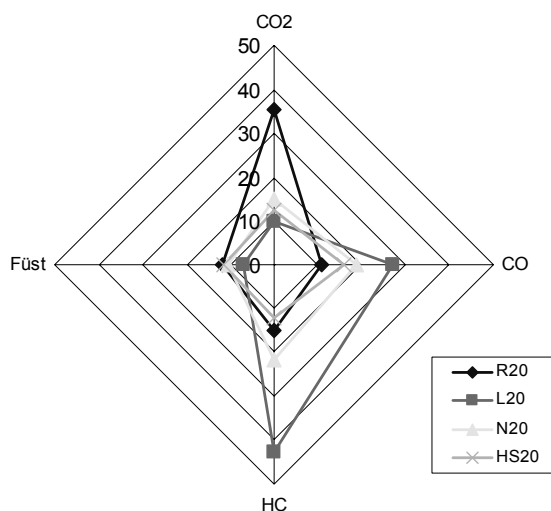
A négy típusú biodízel-gázolaj 10, 20, illetve 30%-os keverékek károsanyag-kibocsátásának pókhálódigrammját a 7-9-es ábrákon mutattuk be. A mérési eredmények kiértékelése után a következőket állapítottuk meg:

- a legnagyobb szén-dioxid kibocsátás-csökkenés a repceolajból készült hajtóanyag esetében volt mérhető, a legalacsonyabb pedig a lenolaj esetében,
- a szén-monoxid és szénhidrogén kibocsátás-csökkenése a lenolajból készült bioüzemanyag esetében észlelhető.



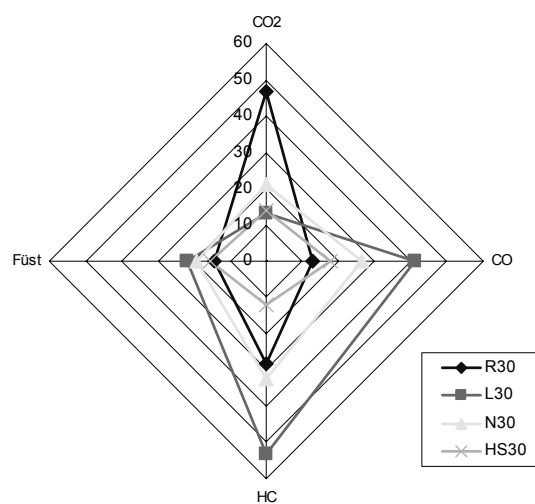
7. ábra

A 10%-os növényolaj-gázolaj keverékekkel működtetett motor károsanyag-kibocsátásának csökkenése



8. ábra

*A 20%-os növényolaj-gázolaj keverékekkel
működtetett motor
károsanyag-kibocsátásának csökkenése*



9. ábra

*A 30%-os növényolaj-gázolaj keverékekkel
működtetett motor
károsanyag-kibocsátásának csökkenése*

ÖSSZEFOGLALÁS

Valamennyi tanulmányozott hajtóanyag biztonságosan pótolhatja a gázolajat. Megállapítható azonban, hogy mindenik típusú biodízel esetében a motor teljesítménye és forgatónyomatéka csökkent, a tüzelőanyag-fogyasztás azonban növekedett. Bár a teljesítmény csökkenése általában korlátozza a biodízel bekeverési arányát, az adagolószivattyú megfelelő szabályozásával elérhető a teljesítményszint visszaállítása a tüzelőanyag-fogyasztás rovására.

A károsanyag-kibocsátás mindenik típusú biodízel esetében csökkent. Habár a lenolajból készült biodízel használata több szempontból is előnyösebbnek tűnik az egyéb olajokhoz képest, a tapasztalt jelentős égésteri lerakódások nagy mértékben korlátozzák felhasználását. Megállapítható, hogy a használt sütőolajból a napraforgóolajjal egyenértékű, sőt egyes jellemzők esetén jobb minőségű bioüzemanyagot lehet előállítani, ami a mérgező égett olaj megfelelő semlegesítését és újrahasznosítását teszi lehetővé.

Habár mindenik hajtóanyag növényi olajból készült, az egyes esetekben elég számottevő különbségeket az olajok zsírsav-összetételével lehet magyarázni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton fejezzük ki köszönetünket a Sapientia Alapítvány Kutatási Programok Intézetének, valamint a Kolozsvári Műszaki Egyetem Gépjárművek és Mezőgépek Tanszékének a kutatások támogatásáért.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Barabás, I.: *Mezőgazdasági termékekből és hulladékokból előállítható hajtóanyagok belsőégésű motorok tüzelőanyagaként történő alkalmazása*. Kutatási tanulmány. Sapientia Alapítvány, Kolozsvár, 2006.
- [2] Todoruț, A.: *Cercetări privind utilizarea uleiurilor de floarea soarelui ca și combustibil pentru motoare diesel*. Doktori értekezés. Kolozsvári műszaki Egyetem, 2006.

Eszközfejlesztés CAN protokoll hálózatok diagnosztikájához

Tool development for CAN network diagnosis

Dezvoltări pentru diagnoza rețelelor CAN

FODOR Attila, PhD hallgató¹, Dr. FODOR Dénes, egyetemi docens¹,
Dr. BIRÓ Károly, egyetemi tanár², Dr. SZABÓ Loránd, egyetemi tanár²

¹Pannon Egyetem, H-8200 Veszprém Egyetem u. 10. Tel.: +36 88 624471 Fax.: +36 88 624545,
foa@almos.vein.hu, fodor@almos.vein.hu, http://www.aut.vein.hu

²Kolozsvári Műszaki Egyetem, Box 358, RO-400750 Kolozsvár Tel.: +40 264 401827 +40 264 594921,
Biro.Karoly@mae.utcluj.ro, Lorand.Szabo@mae.utcluj.ro

ABSTRACT

The aim of this article is to acquaint the reader with an easy configurable diagnostic tool development process for CAN (Controller Area Network) network analyses. This article presents the main aspects of selection of hardware elements and the implementation phases of the software architecture.

ÖSSZEFOGLALÓ

A cikk célkitűzése az autóiparban és az ipari automatizálásban egyre jobban elterjedt CAN (Controller Area Network) hálózatok diagnosztikáját segítő, könnyen újrakonfigurálható eszköz fejlesztési folyamatának a bemutatása. A cikk tartalmazza egy ilyen jellegű eszközzel szemben támasztott követelmények bemutatását, a hardver elemek kiválasztásának szempontjait, a működtető szoftver architektúráját és implementációs fázisait.

Kulcsszavak: Controller Area Network, software development, CAN signal diagnosis, embedded systems, industrial automation

1. BEVEZETÉS

A mai autóipari alkalmazások és ipari folyamatirányító rendszerek nagyszámú elektronikus vezérlő-rendszert tartalmaznak. A bonyolultabb vezérlési funkciókat csak a vezérlőegységek összehangolt működésével lehet megvalósítani. Ezen rendszerek funkcióinak bonyolultsága elkerülhetetlenné teszi a rendszerek elemei közötti folyamatos adatcserét. A hagyományos rendszerekben az adatcsere dedikált adatvonalakon keresztül történik, de ezt a vezérlési funkciók bonyolultabbá válásával egyre nehezebb és drágább megvalósítani. Ezért szükségessé vált a hagyományos pont-pont összekötésének lecserélése, amit úgy oldottak meg, hogy a rendszer elemeit egy soros buszrendszerre kötötték rá, így minden eszköz megkapja azt az információt, amit valamelyik eszköz elküld. Az addig használt soros buszrendszereknek viszont túl kicsi volt az átviteli sebessége, vagy a kommunikációs hibákat nem kezelték megfelelően. Mivel az autóipar számára nem volt megfelelő buszrendszer, ezért fejlesztette ki a Bosch a „Controller Area Network”-ot, amit szabványosítottak 1991-ben ISO 11898 lajstromszámon.

Az ipari eszközökbe és a gépkocsikba kerülő új eszközök kifejlesztése és javítása egyaránt bonyolult feladat, mivel a berendezések egymással logikai kapcsolatban vannak, és felhasználják egymás adatait, amelyeket a CAN buszon keresztül küldenek el egymásnak. A CAN busz segítségével a modern gépkocsikhoz hasonló diagnosztika áll a mérnökök rendelkezésére, ha azt a felhasznált eszközök támogatják. Az adatátvitel megbízhatóságán túl az állomásokra eső alacsony kapcsolati költség is jelentős érv a CAN használata mellett. Mi a diagnosztikai és vezérlési feladatok ellátásához készítettünk egy saját fejlesztésű mikrokontrolleres eszközt.

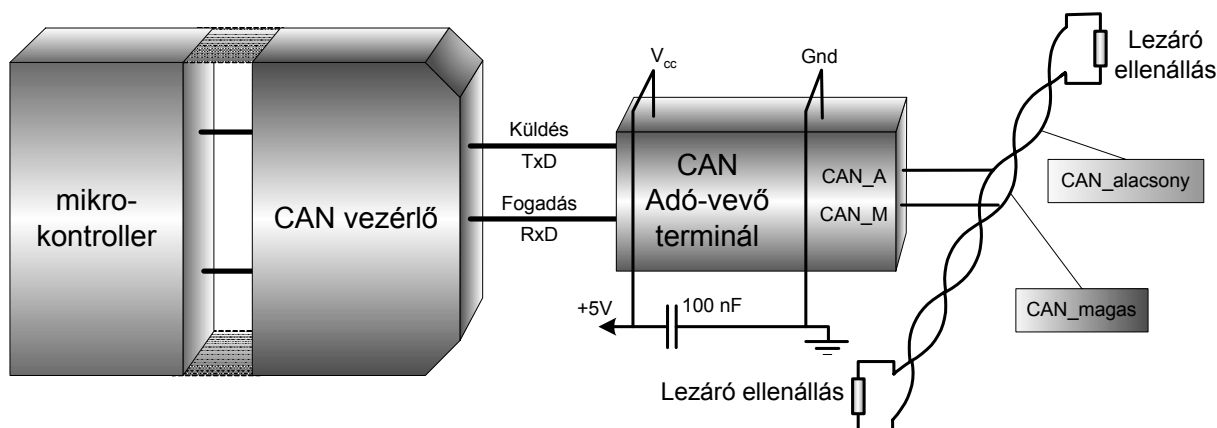
2. A DIAGNOSZTIKAI ESZKÖZZEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

Egy kiterjedt piackutatás eredményei alapján meghatároztuk a hardver tervezésekor fontos szempontokat, melyek a következők lettek:

- Az eszköz legyen alkalmas CAN buszon érkező adatok fogadására és feldolgozására
- Az eszköz önmagában számítógéppel történő összekapcsolás nélkül is legyen alkalmas egyszerűbb analizátor és teszt-feladatok ellátására
- Robosztusság (tápfeszültség ingadozására; kimenetek-bemenetek rövidre zárására, földpotenciálra kötése, tápfeszültségre kötésére)
- Lehetőség legyen valamilyen gyors kommunikációs csatorna segítségével összekapcsolni az eszközt egy személyi számítógéppel és/vagy valamilyen ipari busz alkalmazására is legyen lehetőség.
- Nyomógombok és kijelző alkalmazására legyen lehetőség
- Ha számítógéppel van az eszköz összekötve, akkor ne legyen szükséges külső tápegységet alkalmazni
- Opcionálisan lehessen valós idejű órát csatlakoztatni az áramkörhöz
- Alacsony költség

3. A CAN INTERFACE

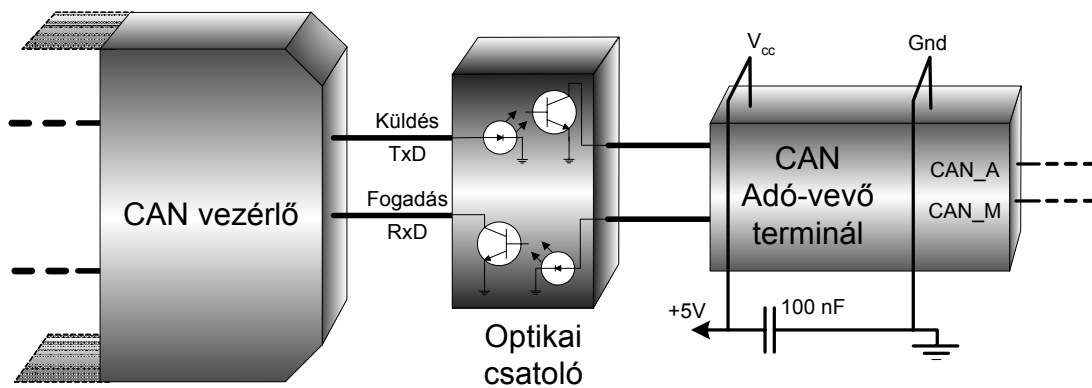
A CAN vezérlő lehet a mikrokontrollerbe ágyazott illetve attól különálló. A CAN protokollvezérlő (*CAN protocol controller*) és a busz között a kapcsolatot az ún. CAN adó-vevő terminál (*CAN transceiver*) teremti meg. A RxD és TxD jelek sorosan továbbítódnak, a CAN kontrollert ezeket használva továbbítja az információit. Az adó-vevő a TxD jeleket alakítja át a busz differenciális jeleivé, illetve a busz-jeleket „fordítja le” a vezérlő számára értelmezhető soros jelfolyammá (RxD). Bizonyos vezérlőkben ezeket a jeleket nem a földpotenciálhoz, hanem egy adott referencia-feszültségre hasonlítják. Ez esetben 4 vonalra van szükség, Tx0, Rx0 (az adó-vevő illetve a kontrollert oldali referencia-feszültségre kötve), valamint Tx1 és Rx1 (jelvezetékek).



1. ábra

A CAN csomópont felépítése

Az ilyen közvetlen elektromos csatolás helyett lehetőség van optikai csatolás használatára is, így a vezérlő elektromosan elszigetelhető a kommunikációs hálózattól, ezáltal megóvható a buszon esetlegesen keletkező túlfeszültségektől és kialakuló potenciálkülönbségektől.

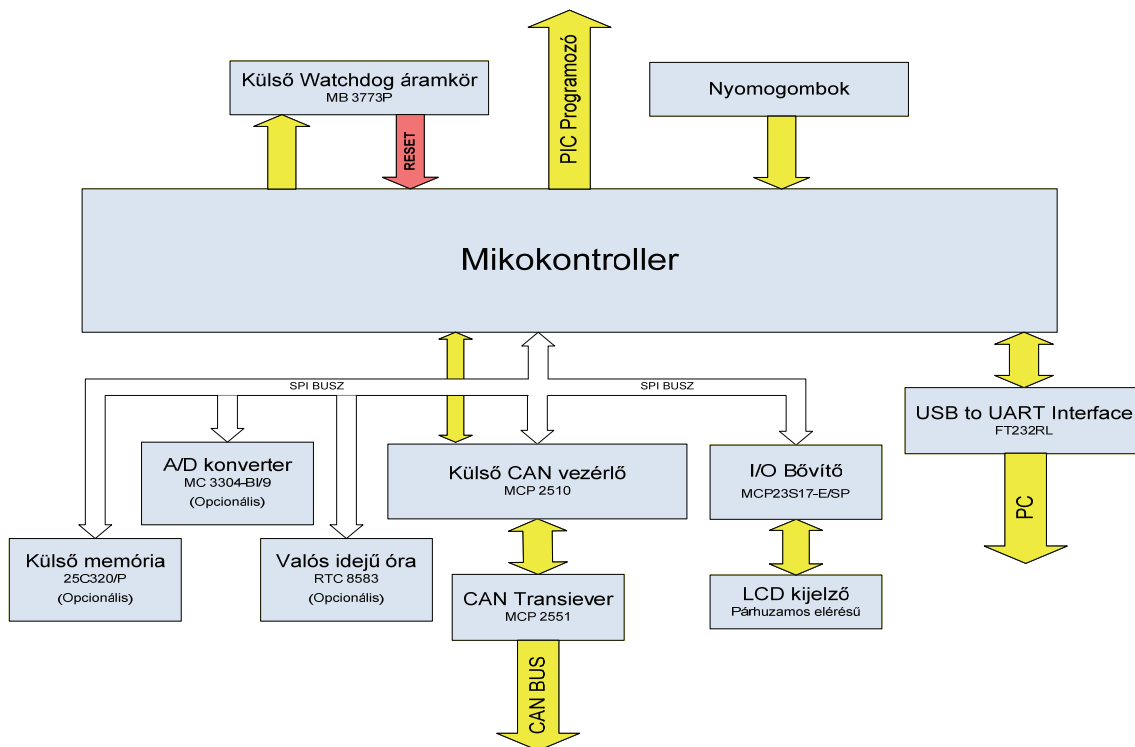


2. ábra
Optikai csatolóval megvalósított összeköttetés

4. AZ ELKÉSZÍTETT RENDSZER ISMERTETÉSE

Az eszköz „magja” egy mikrokontroller, amely az érkező frame-ek adatmezőit feldolgozza. Ehhez a „maghoz” csatlakoznak a különböző illesztő áramkörök. Mindenképpen valamilyen nagyobb teljesítménnyel rendelkező mikrokontrollert kellett választani, mert egy kisebb számítási teljesítménnyel rendelkező mikrokontroller nem tudná a beérkező adatokat folyamatosan feldolgozni.

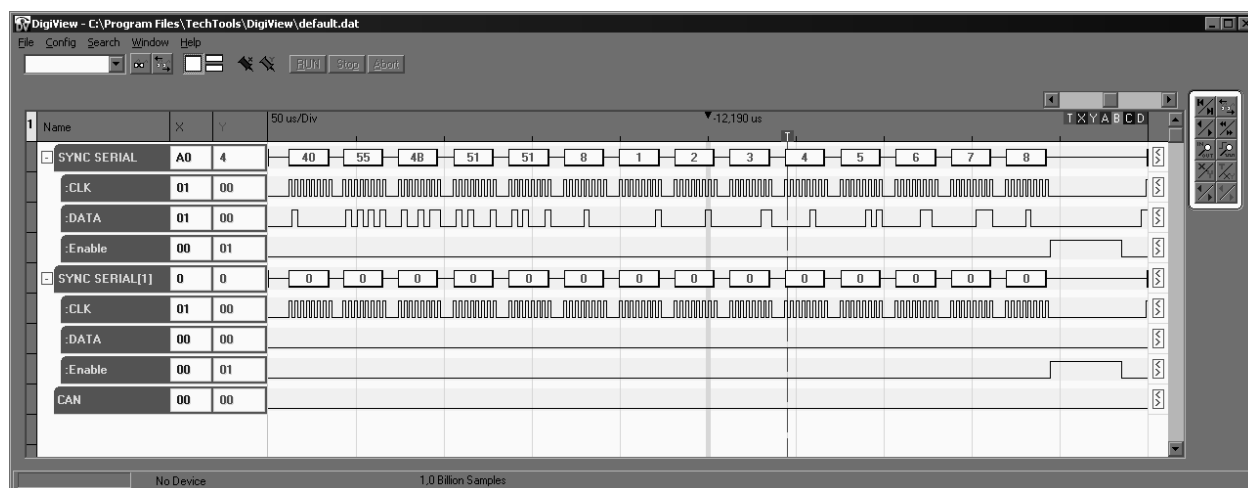
A külső CAN vezérlő alkalmazása mellett döntöttünk, mert ennek a megoldásnak van egy olyan előnye is, hogy ha valamilyen tranzienst jelenséget vagy tartós túlfeszültséget nem tud elviselni a CAN transiver IC áramkör, és tönkretenné a hozzá csatlakozó alkatrészt, akkor maga a mikrokontroller sértetlen marad „csak” a CAN vezérlő hibásodik meg, megóvva a mikrokontrollert, amely a további funkcióit továbbra is megfelelően el tudja látni.



3. ábra
A rendszer elvi felépítése

A mikrokontrollerhez a CAN vezérlőáramkör SPI buszon van csatlakoztatva. A CAN vezérlőt annak regiszterein keresztül lehet felprogramozni és a megfelelő üzemmódba állítani. A vezérlőnek van egy engedélyező lába (Chip Select), amelyen ki kell választani a buszon lévő eszközök közül, hogy melyikkel szeretne a mikrokontroller kommunikálni, így akár több CAN csatornásra is kibővíthető a jövőben az eszköz. A buszon kommunikálva képes a mikrokontroller beállítani a CAN vezérlő regisztereit és az érkező frame-eket olvasni. A vezérlő a frame-azonosítójuk alapján képes a frame-eket megszürti, így a mikrokontroller számára információ-tartalommal nem rendelkező frame-ek kiszűrhetők a CAN vezérlővel, nem szükséges azokat továbbítani a mikrokontroller felé. Az SPI buszon keresztül lehet különböző periféria áramköröket csatlakoztatni a mikrokontrollerhez.

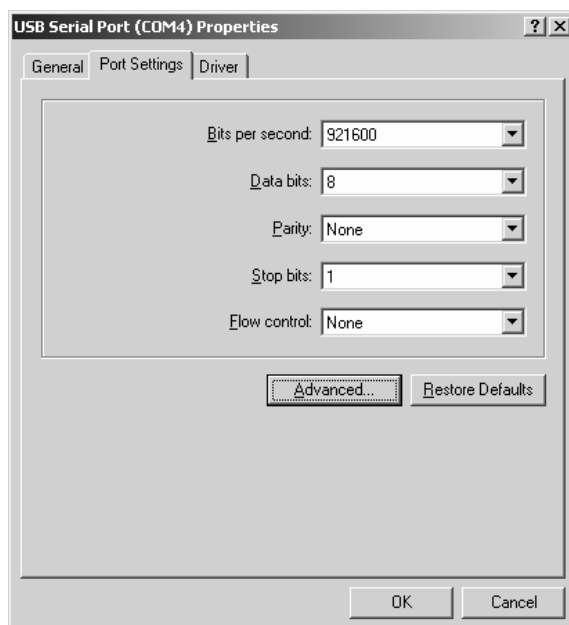
A vezérlő IC-t a regiszterein keresztül lehet használni. Minden regiszternek megvan a címe, az IC dokumentációjából az is megtudható, hogy a regiszter olvasható vagy írható, esetleg mindkettő. Ahhoz, hogy a regiszterekre ne csak egy számmal kelljen hivatkozni, mindegyik regiszterhez egy-egy konstanst rendelünk hozzá, amivel „beszédessé” és átláthatóvá tehető a kód. Hasonlóan, a hibakódokhoz is konstansok tartoznak. A gyorsaság növelése érdekében a CAN vezérlőt kezelő függvények közvetlenül a mikrokontroller SPI kezeléséért felelős regisztereit használják. A függvény az időtűllépést is képes kezelni. Ha a vezérlő valamilyen okból nem válaszolna időben, akkor a függvény az SPIERROR változót igaz értékre állítja. A küldendő adatok egy tömbben szerepelnek, a tömb egy globális változó a mikrokontroller programjában. A következő ábra egy CAN frame vezérlőnek való elküldése mutatja. (Frame id: 0x5151; adatbyte-ok száma: 8; adatok értékei: 1,2,3,4,5,6,7,8.)



4. ábra

Az SPI buszon elküldött adatbytek figyelhetőek meg a DigiView logikai jelanalizátor program ablakában, miközben beállítja az MCP2515 IC CAN frame regisztereit

Az USB port elérése szempontjából vizsgálva az alkalmazni kívánt mikrokontroller családot, megállapítható, hogy azok a kontrollerek, amelyek képesek USB porton kommunikálni, azok nem képesek soros porton. Ez azért jelent problémát, mert az iparban az egyik leggyakrabban elterjed kommunikációs buszt – az RS-485-öt – a mikrokontroller soros portjának a segítségével lehet a leghatékonyabban megvalósítani. Ha a számítógéppel történő gyors kommunikációra USB támogatással rendelkező mikrokontroller helyett egy olyan választunk, amely nem támogatja az USB-t, hanem helyette a soros kommunikációt, akkor az USB port elérését valamilyen külső eszközzel kell megoldani. Az USB interface áramkörök között található olyan, amely a soros porti kommunikációt képes átalakítani USB porti kommunikációvá. Egy ilyen áramkör alkalmazásával képes lesz az eszköz az USB porton kommunikálni a számítógéppel. Ebben az esetben a számítógépen az USB/soros port áramkör gyártójának a driver-ét kell telepíteni, nem a mikrokontroller gyártójának a driver-ét. Néhány USB/soros IC driver-ét a Windows operációs rendszerek is tartalmazzák, ellentétben a mikrokontroller USB-s elérését lehetővé tevő driver-rel.



5. ábra

Az FT232RL IC Windows-ból állítható tulajdonságai

Az IC tulajdonságait vizsgálva láthatjuk, hogy milyen maximális sebességgel tud kommunikálni, ez 921600 Bit/sec, ami 900 Kbyte/sec. Ez kellő gyorsaságot biztosít a mikrokontroller és a számítógép között. A mikrokontroller esetében a soros kommunikáció sebességét annak SPBRG és TXSTA regisztereinek a segítségével tudjuk állítani. A kiszámításhoz tudni kell továbbá, hogy milyen kvartz-ot használ az áramkörünk, és azután egy egyszerű számítással meghatározható a regiszter értéke.

$$BaudRate = \frac{F_{osc}}{x \cdot (SPBRG + 1)} \quad (1)$$

A képletben x értéke 4, 16, 64 lehet. Azt, hogy a képletben melyik számot kell alkalmazni, a TXSTA regiszter SYNC és BRGH bitjei határozzák meg. A regiszterekkel mikrokontrollernél elvileg akár 5Mbit/sec sebességet is beállíthatnánk, természetesen ezen a sebességen már nem tudna megfelelően működni.

Ha a képletet átalakítjuk úgy, hogy SPBRG regiszter értékét akarjuk meghatározni, akkor a következőt kapjuk:

$$SPBRG = \frac{F_{osc}}{BaudRate \cdot x} - 1 \quad (2)$$

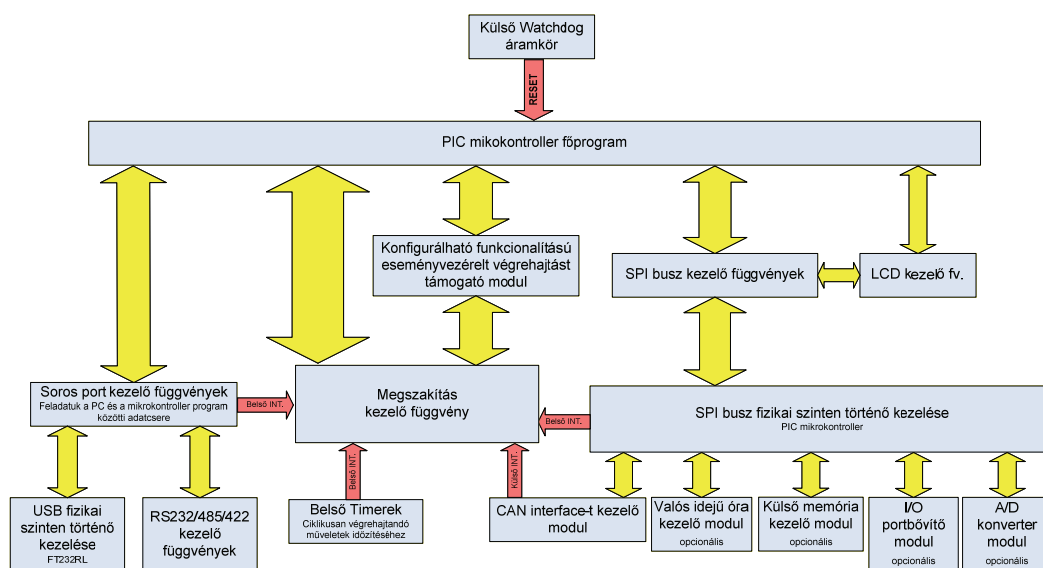
Ha meg akarjuk határozni SPBRG regiszter értékét, akkor a legtöbb esetben SPBRG-re nem egész szám jön ki. Ha egész MHz-es kvartz-okat választunk, akkor a nevezetes sebességekre nem egész számot kapunk SPBRG regiszterre, ha a szabványos soros port sebességeket szeretnénk használni, akkor speciális a soros kommunikációhoz méretezett kvartz-ot kell választani. Ha kiszámoltuk SPBRG értékét, és azt behelyettesítjük az első egyenletünkbe, akkor megkapjuk a valós sebességet. Mivel a mi esetünkben a számítógépen is be kell állítanunk egy sebességet, és a mikrokontrollernél is, ezért ha eltérés van a kettő között, akkor abból hibák keletkezhetnek a kommunikációnál. A hibát a következő módon számolhatjuk ki:

$$Hiba = \frac{SzámoltBaudRate - TervezettBaudRate}{TervezettBaudRate} \quad (3)$$

A mikrokontrollerek programját a bonyolultsága és az áttekinthetősége miatt nem érdemes assembly-ben fejleszteni, hanem valamilyen magasabb szintű programozási nyelvet érdemes használni. A mikrokontroller programja két, egymástól elkülönülő részből áll. Az egyik a mikrokontroller főprogramja, a másik pedig a megszakítás-kezelő függvény. A mikrokontroller fontosabb funkcióit – melyeknél fontos az, hogy a mikrokontroller meghatározott időn belül reagáljon – a megszakítás-vezérlő függvény kezeli, a kevésbé fontos feladatokat pedig a főprogram látja el.

A két „programrész” globális változókon keresztül tud egymással kommunikálni. A változók használatánál figyelni kell arra, hogy egyszerre ne használja a főprogram és a megszakítás-kezelő függvény. Akkor keletkezne hiba, ha a változót egyszerre módosítja és olvassa a főprogram és a megszakítás-kezelő függvény. Ezt szemaforok segítségével lehet kiküszöbölni. A szemafor biztosítja, hogy csak az egyik programrész férjen hozzá a változókhoz.

LCD kijelzőnek mi az Emerging Display Technologies Corporation gyártó EW20400YLY típusú kijelzőjét választottuk. A kijelző párhuzamos elérésű, mivel a mi kívánalmainknak megfelelő SPI-os kijelzőt nem találtunk. Mivel a mikrokontroller nem rendelkezett elegendő I/O-val a perifériáinak és a kijelző kezeléséhez, ezért volt szükséges számunkra I/O portbővítőt alkalmazni. Mivel a rendszerünkben volt már SPI buszra fűzött eszköz, ezért kézenfekvő volt a NYÁK tervezésénél egy SPI-os bővítő alkalmazása. Mi erre a célra a Microchip MCP23S17-es IC-jét választottuk, amely 16 ki vagy bemenet kezelésére alkalmas. A bővítő IC-t a regiszterein keresztül lehet vezérelni, ki- és beállítani annak lábait. A bővítő az LCD kijelző számára küldendő adatokat sorosan kapja az SPI buszon, majd azokat párhuzamosan a kivezetésein elküldi az LCD kijelzőnek.



6. ábra

A mikrokontroller programjának a blokkvázlata

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A kifejlesztett eszköz segítségével a járművek buszrendszereinek és az ipari terepbusz rendszereknek a diagnosztikája könnyen megoldható. Az eszköz megfelel az előírásoknak és a felmerülő fejlesztési és diagnosztikai alkalmazásokhoz könnyen adaptálható, megkönnyítve ezáltal a fejlesztőmérnökök és tesztmérnökök munkáját.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a publikáció a „Magyar-román kormányközi TÉT együttműködés 2006-2007” (projekt azonosító: RO-47/05) és a GVOP-3-3-1-2004-04-0019/3.0 részét képező kutatási projektek keretében valósult meg.

IRODALOM

- [1] ROBERT BOSCH GmbH (1991). *CAN Specification 2.0*. Robert Bosch GmbH, Stuttgart
- [2] ETSCHBERGER, K. (2001). *Controller Area Network*. IXXAT Press, Weingarten
- [3] FARSI, M. and BARBOSA, M. (2000). *CANopen Implementation: applications to industrial networks*. Research Studies Press Ltd., Baldock
- [4] ISO-WD 11898-1,2,3 (1999). *Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 1,2,3: Data link layer and physical signalling*.
- [5] LAWRENCE, W. (1997). *CAN System Engineering From Theory to Practical Applications*. Springer-Verlag, New York

Elektrolit kondenzátorok belső gáznyomáson alapuló élettartam vizsgálata

Inner gas pressure measurement based life-span analyses of electrolytic Capacitors

Analiza duratei de viață a condensatoarelor electrolitice bazată pe măsurarea presiunii interne

Dr. FODOR Dénes, egyetemi docens; RIZ Attila, PhD hallgató

Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar, Automatizálás Tanszék
H-8200 Veszprém, Egyetem utca 10.; Tel., fax:(+36)88/624-545
E-mail: fodor@almos.vein.hu; Honlap: www.uni-pannon.hu

ABSTRACT

The inner gas pressure is the most significant factor in the determination of the life-span of screw terminal electrolyte capacitors under direct current load. Generally at least 90% of the failures of these capacitors are caused by inner gas pressure increase hence this is a very important issue to deal with. In this article the procedure of the life-span analyses and the test environment will be shown.

ÖSSZEFOGLALÓ

A belső gáznyomás a legmeghatározóbb faktor a csavaros felépítésű elektrolit kondenzátorok egyenáramú terhelés alatt mutatott élettartamának meghatározásában. Az esetek minimum 90%-ában az elektrolit kondenzátorokban keletkező hibákat a megnövekedett gáznyomás okozza, így ennek vizsgálata elengedhetetlen. Jelen cikkben ezen élettartam vizsgálatára kidolgozott eljárást és a mérési környezetet mutatunk be..

Kulcsszavak: Elektrolit kondenzátor, élettartam vizsgálat, mérésautomatizálás, gáznyomás mérése, szoftverfejlesztés

1. BEVEZETÉS

Nevezett téma szorosan kapcsolódik egy nyugat-magyarországi cég kutatási stratégiájához, melynek célja új, jobb paraméterekkel rendelkező elektrolit- illetve ultrakondenzátorok kifejlesztése. Ennek érdekében a vállalat szoros együttműködést alakított ki a Pannon Egyetemmel, mely során az elmúlt két évben folyamatos volt az elektrolit kondenzátorok fejlesztésével foglalkozó laboratórium automatizálása. Az eddig elkészült informatikai rendszer nagymértékben támogatja az elektrolit kondenzátorok fejlesztését, ezek hosszú távú tesztelését, valamint segítségével jelentős mértékben javult a hatékonyság is.

A tématerület folytatásaként a vállalat célul tűzte ki, hogy a fejlesztés hatékonyságának további növelése érdekében megkísérli az elektrolit kondenzátorok elektromos paramétereinek, élettartamának, valamint termodinamikájának modellezését, illetve a már meglévő elektromos helyettesítő áramkörök tökéletesítését. A modellek sikeres validálása után szükséges az elért eredmények átültetése az ultrakondenzátorok tématerületére is. Természetesen a megalkotott modellekhez nélkülözhetetlen a megfelelő informatikai eszközbázis kifejlesztése is, amely azt eddig elkészült rendszer kiegészítéseként teljessé tenné a fejlesztés támogatását.

Mint ahogy az már említettük, a cég igényeinek megfelelően a tématerület több részre bontható:

- az elektrolit kondenzátorok élettartamának modellezése
- elektromos paraméterek modellezése és szimulációja (ESR, maradékáram)
- az elektrolit kondenzátorok helyettesítő áramköreinek tökéletesítése
- termodinamika modellezése
- az elektrolit kondenzátorok területén elért eredmények átültetése az ultrakondenzátorok tématerületre

2. KONDENZÁTOROK ÉLETTARTAMÁNAK VIZSGÁLATA

A kutatás első időszakának célkitűzése az elektrolit kondenzátorok élettartamának modellezése volt, valós körülmények között. A kondenzátorokat mesterséges öregedésnek tettük ki. Elmondható, hogy amint a főbb fizikai paraméterek jelentős mértékben eltérnek a kezdeti értékektől, a kondenzátor nem képes teljesíteni a specifikációban meghatározott elvárásokat. Az így leszűrhető információk jelentősek az áramkörök tervezőinek illetve a vásárlóknak egyaránt.

A belső gáznyomás a legmeghatározóbb faktor az elektrolit kondenzátor élettartamának meghatározásában. Az esetek minimum 90%-ában az elektrolit kondenzátorokban keletkező hibákat a megnövekedett gáznyomás okozza, így ennek vizsgálata elengedhetetlen.

A vizsgálat tárgya az egyenáramú terhelés alá helyezett csavaros kondenzátorok voltak. Kezdetben meghatároztuk kerültek azokat a paraméterek, melyek ezt a gáznyomást a legnagyobb mértékben befolyásolják. Abból az elméletből kiindulva, hogy a belső gáznyomás a folyamatos gázfejlődéstől illetve a diffúziótól függ, a következők vizsgálata történt meg:

- a nyitási nyomás
- a diffúzió
- a kondenzátor használata során keletkező gáz mennyisége

A kondenzátor használata során tehát gáz keletkezik, ezért a belső gáznyomás emelkedik. A keletkezett gáz mennyisége a kondenzátor összetevőitől függ. Általában az elektrolitban található víz bomlik le hidrogénre és oxigénre. Az oxigén reakcióba lép az alumíniummal, ezáltal az alumínium-oxid dielektrikum regenerálódik, és hidrogén gáz fejlődik. A belső nyomás meghaladhatja akár az 5 bárt is. A keletkezett gáz a kondenzátor szerkezetének köszönhetően diffundál. Előzetes kutatások bizonyítják, hogy ez a diffúzió elsősorban a biztonsági szelepen megy végbe. Amikor a belső nyomás elér egy bizonyos mértéket, a biztonsági szelep kinyit, de néha előfordul, hogy a kondenzátor felrobban, ezáltal használhatatlanná válik. Ezért szükséges ezeknek a szelepeknek a beható tanulmányozása [3,4].

2.1. A nyitási nyomás

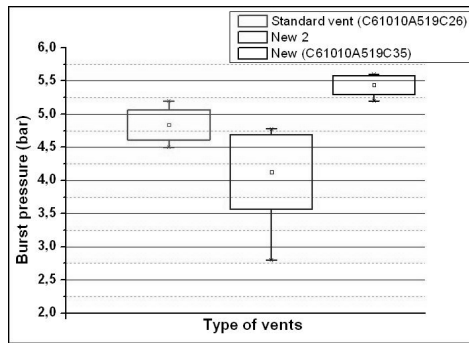
A vizsgálat tárgyát a leggyakrabban használt biztonsági szelepek képezték (1. ábra). Ennek során minden típus esetében megállapítottuk azt a nyomást, amelyet már nem voltak képesek tolerálni.



1. ábra

Biztonsági szelepek

A tesztek során a különböző típusú szelepeket egy speciális mérőeszkőzzel vizsgáltuk, amelyet kimondottan ilyen célra fejlesztettek ki a cég szakemberei. Miután minden típus esetében nagyszámú minta megvizsgálására került sor, meghatározható volt a nyitási nyomás egy adott típus esetében (2. ábra). A modellalkotás során a minimális nyitási nyomást kell figyelembe venni.



2. ábra

Különböző típusú szelepek nyitási nyomása

2.2. A diffúzió vizsgálata

A következő lépésben a használat során fennálló diffúziót kellett megvizsgálni. A diffúzió elsősorban a biztonsági szelepeken megy végbe, mivel a peremezésen mérhető diffúzió elhanyagolható.

Mielőtt egy teszt elindulna, a speciális gázszenzorokat és a gázcsapokat el kell helyezni a kondenzátorban, valamint elektrolittal kell a kondenzátor-házat feltölteni, ezáltal szimulálva a valós körülményeket. A folyamat felgyorsítása miatt a kondenzátor-házat túlnyomás alá kell helyezni. A méréseket (3. ábra) öt különböző hőmérsékleten kell elvégezni.

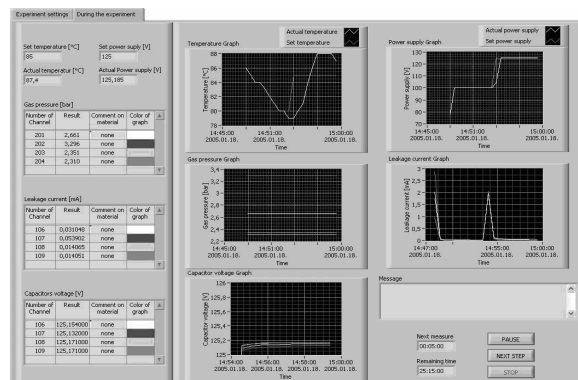


3. ábra

Diffúziós tesztek

2.2.1. A gáznyomás mérőprogram

A gáznyomás tulajdonképpen mérését egy speciálisan erre a célra kiépített úgynevezett ellenállásbox segítségével kell elvégezni, amely előtét-ellenállásokat tartalmaz. A belső gáznyomás értékét az ellenállásboxban lévő előtét-ellenállásokon eső feszültség adja meg, amelyet pedig egy többcsatornás multiplexeren, majd a GPIB interfészen keresztül kell továbbítani a mérési programba feldolgozás és mentés céljából. A maximális multiplexer csatorna kihasználtság és a kommunikációs hiba elkerülése érdekében a mérőprogramba (4. ábra) adatlekérdezési szinkronizálást kellett beépíteni. A szinkronizációt a LabVIEW *szemaforos* alkalmazásával valósítottuk meg.



4. ábra

A gáznyomás mérésének felhasználói felülete

Egy kísérletben a program hűs kondenzátor belső gáznyomását tudja mérni. A mért értékeket numerikusan és grafikusan egyaránt megjelenítettük a méréshez használt ipari számítógép (PXI) képernyőjén. Ennek következtében a mérés folyamán is lehetséges következtetéseket levonni a tesztelt kondenzátorokkal kapcsolatban. A program a grafikus megjelenítés mellett egy olyan szöveg formátumú (*.txt) fájlt állít elő, amelyből könnyen elkészíthetők a megfelelő kiértékelések.

2.2.2. A diffúziós tesztek monitorozása

A gáznyomás méréséhez szükséges még többek között egy ún. monitorozó program is, amely figyelemztet a tesztelési folyamat feladataira, ugyanakkor megoldható vele a tesztindítás, tesztlezárás, teszt futásának felfüggesztése, kondenzátor lezárása is. Ezen kívül a program segítségével lehetőség nyílik a teszt elhelyezkedését nyomon követni a kemencék ábrázolásának segítségével.

A szoftver tehát két nagyobb modulra bontható. Az első modulban a tesztekkel kapcsolatos adminisztrációs feladatokat lehet elvégezni (*KEMENCE* nézet), a másik modul pedig a tesztekkel kapcsolatos feladatok elvégzésére koncentrál (*FELADAT* nézet). Az egyes modulok között nincsen éles határ, az átjárás egyszerű, illetve bizonyos esetekben kapcsolatban vannak egymással.

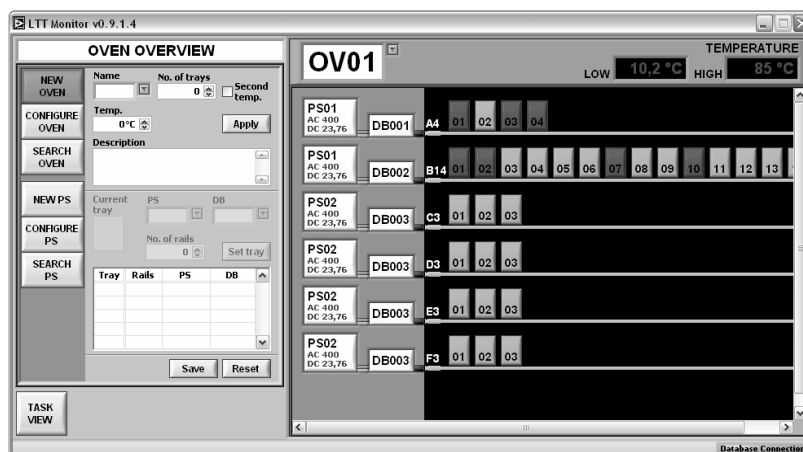
Ahhoz, hogy a gáz és egyéb hosszú távú tesztek futása zökkenőmentes legyen, szükséges bizonyos beállítások elvégzése, úgy mint a levélküldéssel valamint a felhasználókkal kapcsolatos beállítások, mivel a szoftver minden feladat elvégzésekor levelet küld a teszt „tulajdonosának”, ezért szükséges ezen személyek nyilvántartása.

A programot csak olyan személyek használhatják, akiket előzőleg regisztráltak. Erre azért van szükség, mert a tesztek tulajdonosainak tudniuk kell, hogy ki felügyeli a teszt futását, valamint az egyes feladatokat elvégző személyt hozzá kell rendelni az adott feladathoz.

Az adminisztrációs feladatok alatt olyan tevékenységeket kell érteni, ami ahhoz kell, hogy egy adott teszt futása lehetséges legyen, azaz például a tesztek elindítása, leállítása, vagy a tesztben szereplő kemencék konfigurálása. Az adminisztrációs felületek a program főbb moduljain keresztül érhetők el.

A tesztek futtatásához szükséges a tesztelési környezet konfigurálása. A tesztelési környezet alatt a kemencéket, a tápokot és elosztó dobozokat kell érteni. A modul segítségével lehetőség van ezek kapcsolatát meghatározni, illetve keresni a már definiált eszközök között. Minden konfigurációs feladat a *KEMENCE* nézetben keresztül végezhető el.

Mivel a tesztelés folyamán a kondenzátorok mindvégig ipari kemencékben vannak, szükséges, hogy a felület jelezze a felhasználónak a tesztek elhelyezkedését is, hiszen a tesztek, kondenzátorok és kemencék nagy száma miatt nehéz ezt nyomon követni. A program tehát rendelkezik azzal a funkcióval, hogy egy áttekintést ad a felhasználónak az egyes kemencék aktuális állapotáról (5. ábra). A felület kijelzi még a kemencéhez csatlakoztatott tápegységeket, az elosztódobozokat, valamint a kemence hőmérsékletét is.



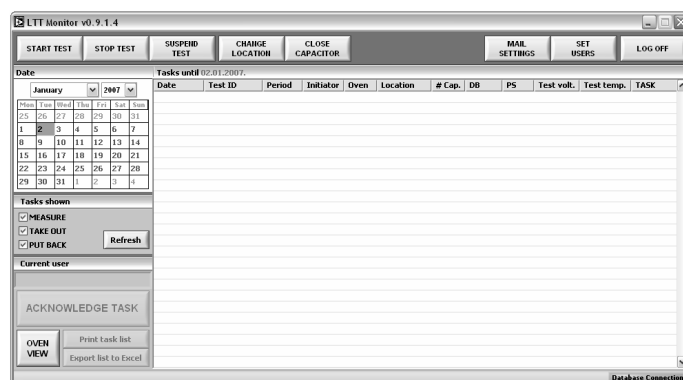
5. ábra

Az „LTT Monitor” program *KEMENCE* modulja

Minden futó teszthez meghatározott feladatok tartoznak. Ezeket a feladatokat az előzőleg megtörtént inicializálásnak megfelelően kell elvégezni. A program fő funkciója ezen feladatok figyelemmel kísérése, a tesztfelügyelők értesítése az aktuális feladatokról. A program ezen funkcióját a *FELADAT* nézetben lehet elérni (6. ábra). Az említett feladatok sorrendje kötött. A tesztfelügyelők feladata a program jelzéseinek megfe-

először elvégezni ezeket a feladatokat, majd ennek végeztével a feladat elvégzésének nyugtázása. Amint egy feladat nyugtázása megtörtént, az előre beállított értékeknek megfelelően a program legenerálja a következő feladatot.

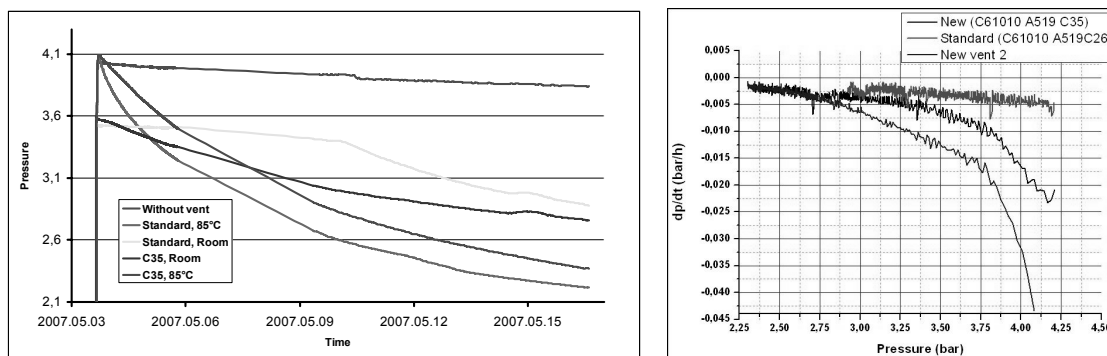
A program, használata során a megadott dátummal bezárólag a tesztek fázisaihoz tartozó egyes feladatokat listázza ki. A lista alapján a mérést végző mérnökök megtervezhetik a napi munkafolyamataikat. Az egyes feladatok elvégzése után a feladatot nyugtázni kell, ezzel lehet jelezni, hogy a teszt a következő munkafázisba került. Ekkor a tesztet indító személy e-mail formájában értesítést kap a nyugtázásról. Továbbá a program segítségével lehet az egyes tesztek elindítani, leállítani, vagy adott esetben a teszt futását felfüggeszteni.



6. ábra
Az „LTT Monitor” program FELADAT modulja

2.2.3. A teszt eredményeinek kiértékelése

Miután egy teszt lezárul, megállapítható a diffúzió az adott szeleptípus esetében. A mérési eredmények segítségével meghatározható a nyomásváltozás a belső nyomás függvényében.



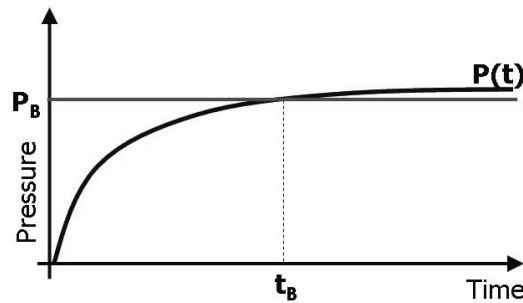
7. ábra
Gáznyomás különböző szeleptípusok és hőmérséklet esetében (balra)
Gáznyomás változása a nyomás függvényében (jobbra)

2.3. A gázfejlődés vizsgálata

A diffúziós és a nyitási nyomással kapcsolatos tesztekkel párhuzamosan szükséges a gázfejlődés vizsgálata is. A kondenzátor rengeteg összetevőjéből (több mint 60) csak néhány befolyásolja jelentősen a gázfejlődést. Előzetes tesztek bizonyítják, hogy az elektrolit, a papír, az anódfólia típusa valamint a formálási feszültség azok, amelyek elsősorban befolyásolják egy kondenzátor gázfejlődését. Ezek közül mindig egyet változtatva megállapítható, hogy az adott komponens hogyan befolyásolja a keletkezett gáz mennyiségét.

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{T \cdot k}{V_{free}} \cdot [A \cdot g_{prod} + (a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3 + a_4 p^4)] \quad (1)$$

A szükséges tesztek elvégzése után lehetőség nyílik arra, hogy felállítsunk egy modellt (1. egyenlet), amely a legmeghatározóbb paramétereiktől függ. A modell felhasználásával meghatározható a keletkezett gáz mennyisége az idő függvényében ($P(t)$), valamint az alkalmazott szelep nyitási nyomásának felhasználásával, jó közelítéssel megállapítható a kondenzátor élettartama (t_B) (8. ábra).



8. ábra

A kondenzátor élettartamának meghatározása

3. ÖSSZEFOGLALÁS

Az itt bemutatott élettartam-vizsgálathoz használt gázmérés egy nagyobb mérésautomatizálási rendszer része. Az elkészült rendszer egy olyan innovatív mérésautomatizálási és informatikai rendszer, amely meszesemenően figyelembe veszi az elektrolit- és kondenzátor-fejlesztések legfontosabb szempontjait.

A rendszer összetettségében egyedülállónak számít. Nem csak a mérésekhez biztosít szoftveres támogatást, hanem a központi adatbázis-szervernek köszönhetően az elektrolit és a kondenzátor fejlesztési folyamat minden fázisához is. Mivel az eddigi, papír alapú nyilvántartási rendszert felváltotta egy számítógépesített adatbázissal támogatott, az eddig akár napokat is igénybe vevő adat-visszakeresés lerövidült néhány percre. A laborban minden fejlesztéssel kapcsolatos eredményt tárolnak, amely az évek folyamán óriási mennyiségű felhalmozott tudást, és tapasztalatot eredményez, ami biztosíthatja a vállalat fejlesztésének hosszú távú eredményességét.

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció a „Magyar-román kormányközi TÉT együttműködés” (projekt azonosító: RO-47/05) keretében elvégzett kutatómunka eredményei alapján készült. A szerzők ezúton mondanak köszönetet a kutatási munka finanszírozásáért. Külön köszönet illeti meg a nyugat-dunántúli vállalatot a mérések elvégzéséhez nyújtott támogatásáért.

5. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] D. Fodor, O. Klug, I. Bálint, A. Horváth, A. Riz, "Electrolyte measurements automation for capacitor research and development", in *Proc. Of the 12th International Power Electronics and Motion Control Conference*, pp. 1277-1282, Portoroz, Slovenia, August 30 - September 1 2006.
- [2] D. Fodor, O. Klug, I. Balint, A. Horváth, "Aluminium electrolytic capacitor research and development time optimization based on a measurement automation system", *submitted for presentation at the 10th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment's, OPTIM'06*, Brasov, Romania, May 18-19 2006.
- [3] K.H. Theisbürger, "Der Elektrolyt-Kondensator", FRAKO Kondensatoren- und Apparatenbau G.m.b.H Teningen, harmadik kiadás, kiadatlan.
- [4] Per-Olof Fägerholt, "Passive components", 1999.

Az elektromágneses zavarások kiszámítása numerikus interpolálással

Numerical interpolation methods applied in electromagnetic interference problems

Aplicarea metodelor de interpolare numerică la rezolvarea problemelor de interferență electromagnetică

MICU Dan-Doru¹, LINGVAY József², CSUZI István³, SIMION Emil¹, LINGVAY Carmen²

¹Kolozsvári Műszaki Egyetem, www.utcluj.ro, E-mail: Dan.Micu@et.utcluj.ro; emil.simion@et.utcluj.ro

²Villamosmérnöki Tudományok Nemzeti Kutató Intézete, INCDIE ICPE-CA, Bukarest,
www.icpe-ca.ro; E-mail: lingvay@icpe-ca.ro; corozsiune@icpe-ca.ro

³TRIODA Kft, Nagyvárád, www.trioda.ro; E-mail: office@trioda.ro; istvancsuzi@yahoo.com

ABSTRACT

In the paper are evaluated the induced potential in pipeline based on the subdivision of the zone of influence AC Power Lines / electric traction line / gas pipeline, in a relatively great number of sections in order to be able to determine voltages at many positions along the gas pipeline.

Key words: Induced voltage, electromagnetic interference, interpolation algorithm, power systems.

ÖSSZEFOGLALÓ

A talajba ágyazott, gázt szállító acélcsővezetékben indukált feszültségeket becsültük fel matematikai numerikus módszerrel. A számítások érdekében, egy algoritmust alkalmaztunk, amely a számítandó acélcső / elektromágneses zavaróforrás rendszert felosztja eléggé rövid szakaszokra, amelyekben az indukált feszültségek a cső minden pontján kiszámíthatók.

Kulcsszavak: Indukált feszültség, elektromágneses interferencia, interpolálási algoritmus, energetikai rendszer, fémcső.

1. BEVEZETÉS

A távlati és fenntartható fejlesztés egyik fő problémája az energetikai rendszerek biztonságos és tartós működése. Az intenzív ipari fejlesztés eredményeként, az elektroenergetikai rendszerben termelt, szállított, elosztott és felhasznált elektromos energiamennyiség folyamatosan nő. Ebből kifolyólag az elektromágneses zavarások is egyre számottevőbbek.

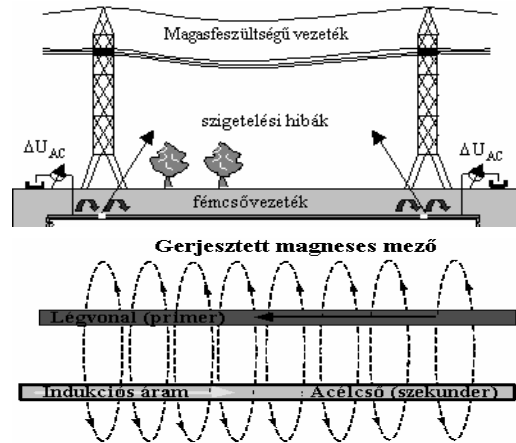
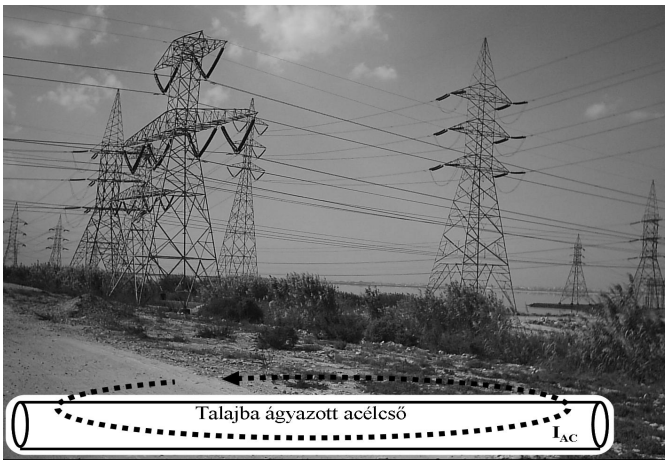
Az elektroenergetikai rendszerből eredő elektromágneses zavarások egyik példája a fémcsőhálózatok váltakozó áramú zavarása, ami a talajba ágyazott acélcsővek esetében ezek gyorsított korrózióját eredményezi (1. ábra) [1÷6]. Az elektroenergetikai rendszerből származó zavaró váltakozó áramú feszültségek a talajba fektetett fémcsővezetéseken indukció (2. ábra) és/vagy ohmikus csatolás (3. ábra) útján jelentkeznek [7].

A gázvezetékek és az elektroenergetikai rendszer (magasfeszültségű tápvonalak, ipari fogyasztók, az ezekhez tartozó földelések stb.) között jelentkező interferenciákat elsőnek Dawalibi [8] vizsgálta meg behatóan. Vizsgálatainak eredményeivel megmagyarázták a gyakorlatban egyre gyakrabban jelentkező váltóáramú korróziós károsodásokat. Következésképpen, Kanadában kidolgozták az első gyakorlati jellegű útmutatót, aminek alapján felbecsülhetők a magasfeszültségű tápvonalak kihatásai a fémcsővezetésekre [9]. Ennek alapján az interferenciás zavarok két csoportra oszthatók (indukciós kölcsönhatások és ohmikus csatolások – 3. ábra), külön-külön számíthatók, majd feltételezve, hogy a rendszer lineáris, a két részeredményt össze kell adni. Azokban az esetekben, amikor a zavaró forrás (magasfeszültségű tápvezeték) és a zavart fémszerkezet (például gázvezeték) különböző közegekben (levegő/ionok által vezetett talaj) vannak, az elektromágneses interferenciák analitikai megoldása egy igen bonyolult feladat, ami csak megfelelő egyszerűsítő megközelítésekkel oldható meg [8–10].



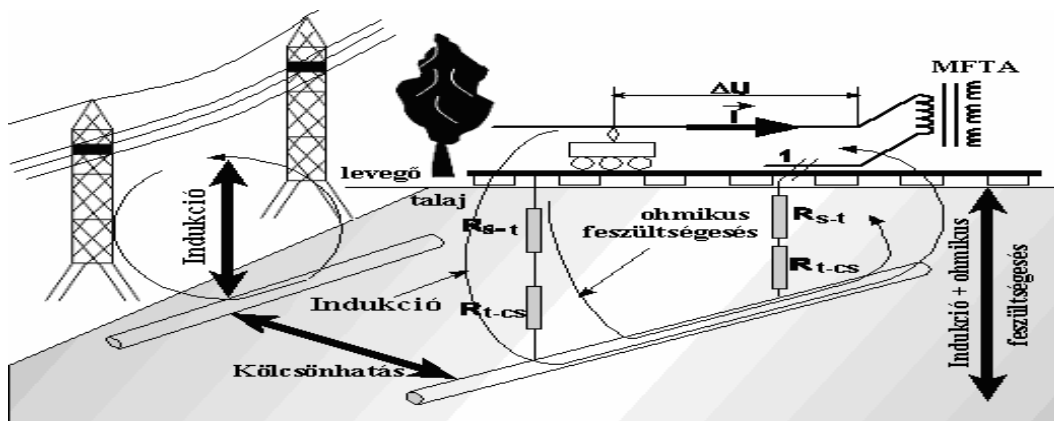
1. ábra

Váltakozó áramú kóboráramok által korrodált gázcső.
Felderítéskor a cső és a talaj között $2,5 V_{cs-cs}$ feszültség volt mérhető.



2. ábra

A talajba fektetett fémcsővezetékek indukciós váltakozó áramú zavarásának vázlata
 I_{AC} – indukált zavaró áram; U_{AC} – talaj/acélcső zavaró feszültség



3. ábra

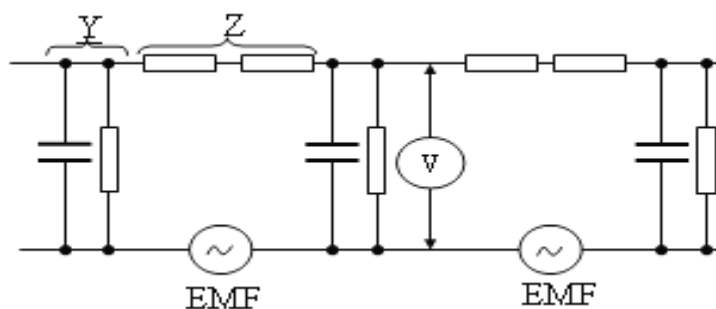
A talajba fektetett fémcsővezetékek komplex váltakozó áramú zavarásának vázlata
 R_{s-t} – vasúti pálya (sín)/talaj ellenállás; R_{t-cs} – talaj/fémcső ellenállás; I – vontató áram;
 ΔU – a vasúti pályán (síneken) jelentkező feszültség; MFTA – magasfeszültségű transzformátor, az elektromos vontatás táplálása

A fémcsővezetékben jelentkező interferenciás áramok és feszültségek számításának egyik módszere abban áll, hogy a vezetéket olyan rövid szakaszokra osztják, amelyekre már alkalmazható a „rövid vezető” elmélete. Ez, a térelméletre és a *Maxwell* egyenletekre alapozó módszer habár megfelelő, alkalmazása gyakorlati nehézségekbe ütközik, amikor numerikus eredményeket akarunk kiszámítani. Az áramkörök elméletével kiszámítható minden egyes szakasz végén jelentkező potenciál, valamint a szakaszok hosszában keringő áramok.

Dolgozatunk célja egy modell és matematikai módszer kidolgozása, amellyel egy adott fémcsővezeték minden pontján kiszámíthatók a zavaró feszültségek a zavaróforrás(ok) függvényében, valamint ezek alkalmazása egy konkrét Kolozs megyei gázvezetékre.

2. AZ INDUKÁLT FESZÜLTSEGEK MATEMATIKAI FELBECSÜLÉSE

A magasfeszültségű tápvonalak által zavart csővezetékben indukált feszültségek számítása két lépésben történik. Az első lépésben azokat az elektromotoros erőket számítjuk ki, amelyeket a magas-feszültségű tápvonalban haladó áramok indukálnak. Ezek a cső hosszában áramot eredményeznek [8–9], az áramvonalak kilépnek a csőből és a talajon keresztül záródnak, váltakozó árammal polarizálják a cső (fém)/talaj határfelületet (2. ábra, első kép). A második lépésben kiszámítjuk a zavart csővezetékben jelentkező feszültségeket és áramokat – mint választ a hosszanti indukált elektromotoros erőkre. A magasfeszültségű tápvonal/acélcsővezeték rendszer helyettesítő kapcsolását a 4. ábrán mutatjuk be.



4. ábra

A magasfeszültségű tápvonal/acélcsővezeték rendszer helyettesítő kapcsolása
EMF – indukált elektromotoros erő; Y – a tápvonal admittanciája az acélcsővezeték felé;
 Z – a tápvonal hosszanti impedanciája; V – a tápvonal feszültsége

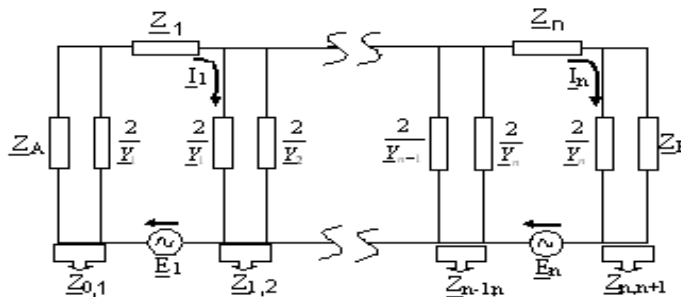
A 4. ábrát elemezve megállapítható, hogy az indukált elektromotoros erő (EMF) tulajdonképpen egy virtuális áramforrás, amely a zavart fémszerkezetben (csővezeték, betonvasalás stb.) keletkezik a tápvezeték/acélcsővezeték induktív csatolásának következtében (elektromágneses zavarás). A zavaró elektromotoros erő az acélcsőben áramot gerjeszt, illetve feszültséget (U_{AC} – 2. ábra – talaj/acélcső feszültség). Tehát, amint a [8, 9] hivatkozás külön kiemeli, az elektromotoros erő/feszültség (EMF) és az ennek a hatására jelentkező zavaró váltakozó áramú feszültség (U_{AC}) között feltétlenül különbséget kell tenni.

Ha az acélcsővezeték/zavaró tápvonal adottak (tápfeszültség, hossz, távolság, csőátmérő stb.), elvileg az EMF, illetve a gerjesztett I_{AC} valamint U_{AC} a 4. ábra alapján kiszámítható. A gyakorlatban jelentkező konkrét helyzeteknél a számítások eléggé bonyolultak. A bonyodalmak főleg a zavaró vonal és a csővezeték egymáshoz viszonyított helyzetéből, a talaj heterogenitásából, a csővezeték esetleges elágazásaiból stb. adódnak. Mindezek ellenére, főleg az újonnan telepítendő, feltehetőleg zavaró tápvonal és/vagy csővezeték szakszerű tervezésénél ezek a számítások nagyon fontosak.

Az indukált feszültségek és áramok matematikai becslése minden konkrét esetben elvégezhető, ha a zavart csőszakaszt megfelelően meghatározott paraméterű szakaszokra (adott térbeli helyzet a zavaróforráshoz képest, homogén talaj stb.) bontjuk. Adott paramétereknél az elemi szakaszokon kiszámíthatók a gerjesztett zavaró feszültségek, majd ezek összeadásával aránylag pontossággal megkapjuk a csővezeték különböző pontjain jelentkező U_{AC} zavaró feszültségek. Az 5. ábrán egy elemi szakaszokra bontott zavaróforrást/zavart acélcsővezeték mutatunk be. A zavaró tápvezeték és a zavart acélcső közötti induktív csatolást egy elosztott elektromotoros erőforrásként ($\underline{E}_1 \dots \rightarrow \dots \underline{E}_n$) jelöltük be, illetve adott x ponton (E_x), ami tulajdonképpen a cső hosszában

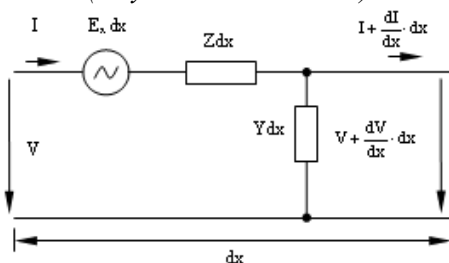
jelentkező elektromos tér. Minden elemi szakasz dx egy „elemi” $E_x dx$ feszültséggel táplált – tehát az E_x az elektromos tér mértékegységében (V/m) fejezzük ki.

Egy elemi csőszakasz helyettesítő áramkörét a 6. ábrán mutatjuk be. Ebből megállapítható, hogy eltekintve az elosztott feszültségforrástól, azonos egy hosszú elektromos vezeték elemi szakaszának helyettesítő áramkörével (amelynek adott az egységnyi hosszanti komplex impedanciája $Z = R + j\omega L$ valamint az egységnyi keresztirányú komplex admittanciája $Y = G + j\omega C$).



5. ábra

A zavaró tápvezeték / zavart acélcsővezeték rendszer felosztása elemi szakaszokra (helyettesítő π áramkör).



6. ábra

Egy elemi csőszakasz helyettesítő áramköre

Alkalmazva a hosszú vezetésekre ismert egyenleteket, kiszámítható minden x pontra az indukált feszültség $V(x)$ (1):

$$V(x) = Z_C \left\{ [K_1 + P(x)] e^{-\gamma x} - [K_2 + Q(x)] e^{\gamma x} \right\} \quad (1)$$

ahol a $P(x)$ és $Q(x)$ függvények:

$$P(x) = \frac{1}{2Z_C} \int_{x_A}^x e^{\gamma s} E_x(s) ds \quad (2)$$

$$Q(x) = \frac{1}{2Z_C} \int_x^{x_B} e^{-\gamma s} E_x(s) ds \quad (3)$$

és K_1 valamint K_2 a határfeltételek alkalmazásából adódnak:

$$K_1 = v_1 e^{\gamma x_A} \cdot \frac{v_2 P(x_B) e^{-\gamma x_B} - Q(x_A) e^{\gamma x_B}}{e^{\gamma(x_B - x_A)} - v_1 v_2 e^{-\gamma(x_B - x_A)}} \quad (4)$$

$$K_2 = v_2 e^{-\gamma x_B} \frac{v_1 Q(x_A) e^{\gamma x_A} - P(x_B) e^{-\gamma x_A}}{e^{\gamma(x_B - x_A)} - v_1 v_2 e^{-\gamma(x_B - x_A)}} \quad (5)$$

3. VASÚTI PÁLYÁK ÉS A TÁPVEZETÉKEK KÖZÖTT JELENTKEZŐ ELEKTROMÁGNESES INTERFERENCIA ELEMZÉSE

A vasúti pálya sínjei és a közelükben telepített magasfeszültségű tápvonalak között számottevő elektromágneses interferencia jelentkezik. A vasúti pályák és a magasfeszültségű tápvezetékek között jelentkező elektromágneses interferencia elemzésének érdekében elsősorban a vasúti pálya sínjeinek relatív permeabilitása meghatározó [11], majd ennek alapján kiszámíthatók a különböző frekvenciákon és a tápvonal üzemi paramétereinek a függvényében a sínekben indukált áramok és feszültségek. Esetünkben, a vasúti pálya sínjeit tekinthetjük úgy, mint egy elektromágneses interferencia által befolyásolt hosszú vezetőt, tehát az impedanciájuk a CARSON integrálokkal fejezhető ki. Esetünkben a specifikus reaktancia meghatározások helyhez kötöttek, tehát az ezekből számított ekvivalens permeabilitások is. Ebből kifolyólag szükséges meghatározni egy folytonos összefüggési korrelációt az indukált áramok, feszültségek, ezek frekvenciája valamint a sínpálya permeabilitása között. Ez numerikus interpolálással és a nemlineáris összefüggések leegyszerűsítésével lehetséges.

A problematika megoldásának érdekében, a szakirodalomban közölt numerikus adatok alapján [12–15], kifejlesztettünk és ellenőriztünk egy interpolálási készletet. A készlet fejlesztésénél különös figyelmet szenteltünk az interpolálásból adódó eltérések minimalizálására, valamint a javasolt interpolálási függvények stabilitásának ellenőrzésére.

A Lagrange polinomos interpolálással szerkesztett függvények nagy hiányossága az, hogy a csomópontok között nem simák. Ezt a hiányosságot a *spline* függvények kiküszöbölik azáltal, hogy az interpolálási függvény ismert csomópontjaiban – kiegészítésként – a függvény legyen bizonyos fokig folyamatos és differenciálható [16].

Dolgozatunkban az interpolálásokat köbös *spline* függvényekkel végeztük, a (6) modell szerint:

$$B(x) = \begin{cases} 0 & x \leq -2 \\ (x+2)^3 & -2 \leq x \leq -1 \\ 1 + 3 \cdot (x+1) + 3 \cdot (x+1)^2 - 3 \cdot (x+1)^3 & -1 \leq x \leq 0 \\ 1 + 3 \cdot (1-x) + 3 \cdot (1-x)^2 - 3 \cdot (1-x)^3 & 0 \leq x \leq 1 \\ (2-x)^3 & 1 \leq x \leq 2 \\ 0 & 2 \leq x \end{cases} \quad (6)$$

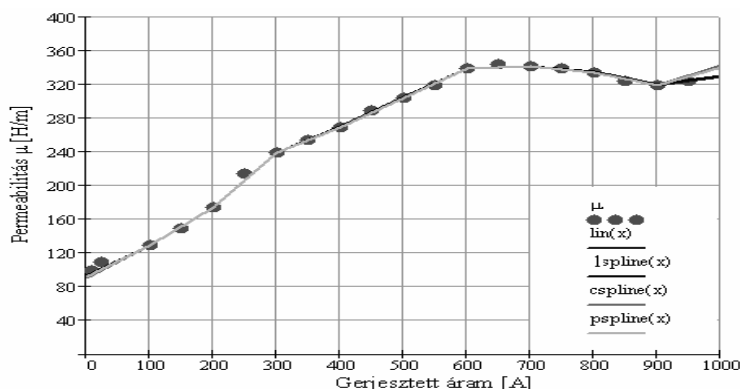
A köbös *spline* interpolálási függvény meghatározható, mint a B_i függvények lineáris kombinációi az ismert interpolálási csomópontokban (7).

$$f(x_k) = \sum_{i=-1}^{n+1} c_i \cdot B_i(x_k) \quad 0 \leq k \leq n \quad (7)$$

A (7) függvény c_i tényezőinek meghatározása egy tridiagonális egyenletrendszer (8) megoldása, valamint a Tikhonov [17] által javasolt szabályozási módszerekkel lehetséges.

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 & & \\ & 1 & 4 & 1 & \\ & & \dots & \dots & \dots \\ & & & 1 & 4 & 1 \\ & & & & & \dots \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c_{-1} \\ c_0 \\ \dots \\ c_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(x_0) \\ f(x_1) \\ \dots \\ f(x_n) \end{bmatrix} \quad (8)$$

Az ismert interpolálási csomópontokban (határpontok) a megközelítéseket kifejezhetjük harmadrendű függvényekkel (*cspline*), lineáris függvényekkel (*lspline*) vagy parabolikus függvényekkel (*pspline*). A 7. ábrán egy adott magasfeszültségű tápvezeték által a vasúti sínekben gerjesztett áramerősség értékeit [A] mutatjuk be a rendszer permeabilitásának a függvényében különböző típusú spline függvényekkel kifejezett megközelítésekkel. Amint a 7. ábrából kitűnik, adott diszkrétizációnál a különböző *spline* függvényekkel kapott értékek nem térnek el lényegesen.



7. ábra

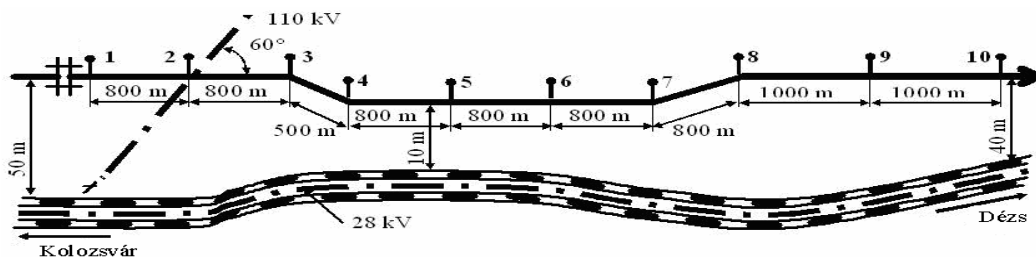
Egy adott magasfeszültségű tápvezeték által, a vasúti sínekben gerjesztett áram [A], a rendszer permeabilitásának függvényében különböző típusú spline függvényekkel kifejezett megközelítésekkel

Gyakorlati esetekre alkalmazott számításaink kimutatták, hogy az interpolálás pontossága nem feltétlenül nő, amikor növeljük a számítási csomópontokat, sőt esetenként, amikor a számítási csomópontok száma megegyezik a Lagrange interpolálási polinom rendjével, a kapott függvények instabillá válnak.

4. A SZÁMÍTÁSOK ELLENŐRZÉSE. AZ INDUKÁLT FESZÜLTSEGEK FELBECSÜLÉSE EGY ADOTT GÁZVEZETÉK ESETÉBEN

A gyakorlatban általában komplex esetekkel találkozunk. A talajba ágyazott fémcsövek (mint az elektromágneses zavarás szenvedő alanyai) egyszerre több zavaró forrás hatásainak vannak kitéve (magasfeszültségű tápvezeték, váltóáramú vontatású vasúti pálya stb.). Ezekben az esetekben a fémcsövön jelentkező zavarófeszültségek kiszámításának egyik járható útja az, hogy zavaróforrásonként külön-külön kiszámítjuk az indukált zavarófeszültségeket és az áramokat, majd a zavart cső különböző pontjain kapott értékeket, a fázistolódásokat figyelembe véve, vektoriálisan összeadjuk. A számítások aránylag egyszerűsödnek, ha lehetőség van a zavart csővezeték néhány pontján megmérni az indukált zavaró feszültségeket, majd a 3. fejezetben felvázolt interpolálási módszerrel kiszámítható a cső minden pontján jelentkező zavarófeszültség.

A felvázolt számítás ellenőrzésének érdekében megvizsgáltuk egy 6 bar-os, katódos védelem nélküli gázvezeték konkrét esetét (8. ábra). A megvizsgált gázvezeték (DN 300-as, 8 mm csőfálvastagságú) Kolozsvar és Dész között telepítették 1999-ben, és egy kb. 20 km-es szakaszon egy duplavágányú elektromos vontatású (28 kV) vasúti pálya mentén halad (elvileg hasonló a 3. ábrán bemutatott rendszerhez). A vezeték és a vasúti pályát egy 110 kV-os tápvonal keresztezi. A csövek extrudált polietilénnel (3 mm vastagságú) szigeteltek (EN 10285).



8. ábra

A vizsgált magasfeszültségű tápvezeték–duplavágányú vasúti pálya–gázvezeték rendszer vázlata

A 8. ábrát elemezve, megállapítható, hogy:

- a) a 110 kV-os tápvonal zavarófeszültséget indukál: a1) a gázvezetékben és a2) a vasúti pálya sínjeiben;
- b) a vasút 28 kV-os tápvonala zavarófeszültséget indukál: b1) a gázvezetékben és b2) a pálya sínjeiben;
- c) az a2) és b2) zavarófeszültségek a sínekben összeadódnak és állandó jelleggel áramot gerjesztenek, amely összeadódik (a vonatok közlekedésének függvényében) a vontatóárammal, és az eredő összárám zavarófeszültséget indukál a gázvezetékben.

Ezekre való tekintettel megállapítható, hogy a gázvezeték minden pontján az a1), b2) valamint a c) zavarófeszültségek eredő értéke mérhető.

A megvizsgált gázvezeték-szakasz minden mérőpontjánál megmértük: – a cső és a talaj között jelentkező váltóáramú feszültséget [V_{rms}]; – a talaj fajlagos ellenállását [Ωm]; – a cső korróziós potenciálját [$V_{Cu/CuSO_4}$]. A mérési eredményeket az I. táblázatban mutatjuk be.

I. táblázat

A vizsgált gázvezeték-szakasz mérőpontjainál végzett mérések eredményei*

Mért paraméter	Mérőpont (8. ábra)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A talaj fajlagos ellenállása [$\Omega \cdot m$]	11	18	16	45	32	93	21	64	17	15
Cső/talaj váltó feszültség [V_{rms}]	8.10	19.1	17.2	29.3	15.2	26.4	7.13	1.89	2.11	4.32
Cső / talaj potenciál [$V_{Cu/CuSO_4}$]	-0.353	-0.398	-0.371	-0.325	-0.394	-0.410	-0.387	-0.324	-0.352	-0.365

* mérés közben, a vizsgált szakaszon vonat nem közlekedett

Esetünkben a talajba ágyazott fémcső és a talaj között az indukált zavarófeszültségek eredő értéke helyenként (a vezeték mérőpontjain) mérhetők. A mért értékek alapján (I. táblázat), MathCad programban (amely előre meghatározott interpolálási függvényeket használ fel) számítási algoritmust készítettünk, mellyel az indukált feszültségek meghatározhatók az acélcsővezeték bármely pontján. Első lépésként, a mért indukált feszültségek értékeit (y) a mérési hely függvényében (x) tápláltuk be a MathCad programba:

$$\begin{array}{l}
 \left(\begin{array}{c} 800 \\ 1600 \\ 2400 \\ 2650 \\ 3450 \\ 4250 \\ 5050 \\ 5450 \\ 6450 \\ 7450 \end{array} \right) \\
 x :=
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \left(\begin{array}{c} 8.10 \\ 19.10 \\ 17.2 \\ 29.3 \\ 15.2 \\ 26.4 \\ 7.13 \\ 1.89 \\ 2.11 \\ 4.32 \end{array} \right) \\
 y :=
 \end{array}
 \qquad (9)$$

Második lépésként az interpolálási függvényeket határoztuk meg:

$$\begin{array}{l}
 L := \text{lspline}(x, y) \qquad C := \text{cspline}(x, y) \qquad P := \text{pspline}(x, y) \\
 \\
 \text{lsp}(t) := \text{interp}(L, x, y, t) \qquad \text{csp}(t) := \text{interp}(C, x, y, t) \\
 \\
 \text{psp}(t) := \text{interp}(P, x, y, t) \qquad \text{l}(t) := \text{linterp}(x, y, t) \\
 \\
 t := 800, 801.. 7450
 \end{array}
 \qquad (10)$$

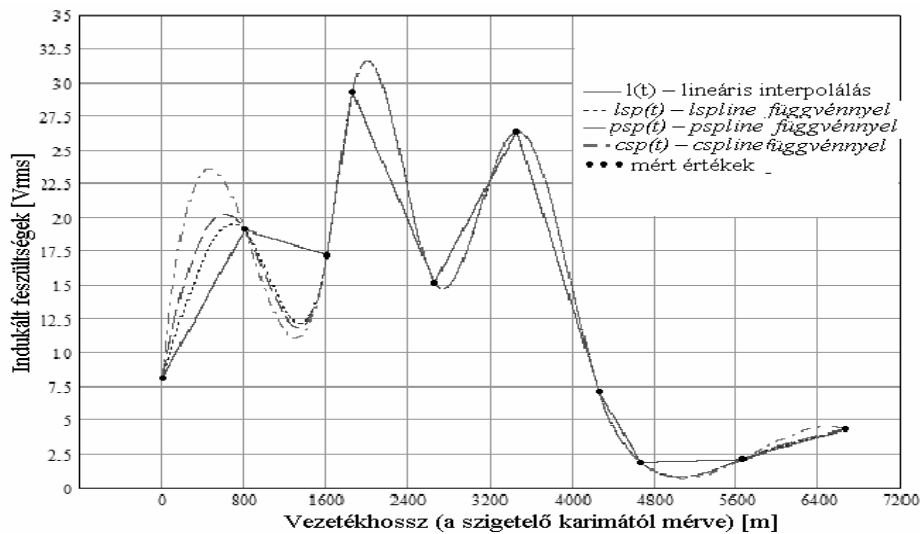
Ezek alapján, a MathCad programban szerkesztett számítási algoritmussal (11, 12) az indukált feszültségek meghatározhatók az acélcsővezeték bármely pontján.

$$\begin{aligned}
 A := & \begin{cases} X \leftarrow x \\ V \leftarrow v \\ n \leftarrow \text{last}(X) \\ \text{for } j \in 0 \dots n \\ \quad A_{j,0} \leftarrow V_j \\ \text{for } j \in 1 \dots n \\ \quad \text{for } k \in 0 \dots n-j \\ \quad \quad A_{k,j} \leftarrow \frac{A_{k+1,j-1} - A_{k,j-1}}{X_{k+j} - X_k} \\ \quad \quad \text{for } i \in 1 \dots j \\ \quad \quad \quad A_{n-j+i,j} \leftarrow 0 \\ \quad \quad A \end{cases}
 \end{aligned} \tag{11}$$

$$j := 1 \dots \text{last}(x) \quad \text{last}(x) = 3 \quad z := 56, 58 \dots 86$$

$$N(z) := \sum_j \left[A_{0,j} \cdot \prod_{i=0}^{j-1} [z - (x)_i] \right] + A_{0,0} \tag{12}$$

A vizsgált gázvezetékszakaszon kapott számítási eredményeket a 9. ábrán mutatjuk be.



9. ábra

A cső/talaj között jelentkező feszültségek számított és mért értékei, a megvizsgált gázvezetékszakaszon

A 9. ábrából megállapítható, hogy a *spline* típusú interpolálási függvényekkel kapott értékek sokkal pontosabb eredményekhez vezetnek, mint a lineáris $l(t)$ függvények.

Az I. táblázat adataiból megállapítható, hogy a vizsgált gázvezeték csöveinek korróziós állapotát számottevően befolyásolják a vezetékben indukált feszültségek, azaz azokon a pontokon ahol magasabb indukált feszültségeket mértünk, a mért korróziós potenciálok elektropozitívabbak voltak. Ez összhangban van a szakirodalomban közölt adatokkal [1, 3, 4, 18]. Erre való tekintettel megállapítható, hogy a 9. ábrán bemutatott függvénnyel egy adott gázvezetéken kimutathatók olyan pontok, amelyeken – habár mérőpont hiányában cső/talaj potenciál nem mérhető – a váltakozó áramú korrózió veszélye nagyobb, mint a szomszédos mérőpontok közelében (esetünkben a szigetelőkarimától számítva 400 m, 2000 m valamint 3450 m-re).

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A gáz acélcsővezetékekben indukált feszültségeket matematikai numerikus módszerrel becsültük fel. Egy algoritmust alkalmaztunk, amely a számítandó acélcső/elektromágneses zavaróforrás rendszert felosztja elégő rövid szakaszokra, amelyekben az indukált feszültségek a cső minden pontján kiszámíthatók. Bemutattuk egy Kolozs megyei gázvezeték kb. 8 km-es szakaszát, melynek mérőpontjain cső/talaj potenciálokat, a magasfeszültségű tápvonalból és a vasúti pályából indukált feszültségeket mértünk. A terepen mért értékekből megállapítható, hogy a vizsgált gázvezeték csőveinek korróziós állapotát számottevően befolyásolják a vezetékben indukált feszültségek, azaz azokon a pontokon ahol magasabb indukált feszültségeket mértünk, a mért korróziós potenciálok elektropozitívabbak, tehát a korróziósebesség (és a veszély) nagyobb. MathCad programban egy számítási algoritmust készítettünk, amellyel a mérőpontokon mért indukált feszültségek alapján meghatározhatók az indukált feszültségek a gázvezeték bármely pontján. A MathCad programban szerkesztett algoritmussal és *spline* típusú interpolálással (egy adott gázvezetéken) kimutathatók olyan pontok, amelyeken habár mérőpont hiányában a cső/talaj potenciál nem mérhető, a váltóáramú korrózióveszély nagyobb, mint a szomszédos mérőpontok közelében.

Köszönetnyilvánítás: Dolgozatunkat az Oktatási és Kutatási Minisztérium támogatta (CEEX–X2C37)

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] E. BINI, L. Di BIASE: *Assessment of External Corrosion Protection of Buried Pipelines*, 4-th International Conference CEOCOR '97, 3–5 september, Viena, secteur A, pp. 18–36.
- [2] VESPER, W.: *Wechselstromkorroion*, CEOCOR, 4th International Conference, Viena, 1997, pp. A45–68.
- [3] REGAULT, I. și DELORS, B.: *Corrosions dues aux influences des courants alternatifs par des lignes très haute tension sur des canalisations en acier revêtues de polyéthylène. Evaluation des risques - mesures de prevention*, CEOCOR, 4th International Conference, Viena, 1997, pp. A37–44.
- [4] I. LINGVAY, F. STOIAN, CRISTINA RATA, *Study of Corrosion for Some Iron Steels Given by the Alternative Stray Currents* – EUROCORR '97, 22–25 Sept. 1997, Trondheim, Norway, vol. I, pp. 635–641.
- [5] LINGVAY, I., e.a.: *Contributions to the control of A.C. stray currents corrosion*, Revue Roumaine de Chimie, 46, 2, 2001 pp. 85–90.
- [6] LINGVAY, I., LINGVAY, C.: *Contributions to Control of Accelerated Corrosion of Metallic Structures from the Urban Infrastructures Due to AC Stray Currents*, URB-CORR 2007 – ISBN 978-973-718-756-7, Cluj-Napoca – Romania, June 20–23, 2007, pp. 196–200.
- [7] LINGVAY, I., LINGVAY, C., *The Impact of Electromagnetical Pollution on the Natural Electrochemical Reactions*, URB-CORR 2007–ISBN 978-973-718-756-7, Cluj-Napoca – Romania, June 20–23, 2007, pp. 85–97.
- [8] DAWALIBI, F., *Analysis of electrical interference from power lines to gas pipelines-Part I-Computation method*, PWRD-4, No 3, pp. 1840–1848, July 1989.
- [9] *** *Guide Concerning Influence of High Voltage AC Power Systems on Metallic Pipelines*, CIGRE Working Group 36.02, Canada, 1995.
- [10] MICU, D.D., LINGVAY, I., SIMION, E.: *Modelarea și predicția fenomenelor de interferență în regim electrocinetic (Elektrokinetikus jellegű interferenciás jelenségek modellezése és előrejelzése)*, Ed. ELECTRA, București, 2006. pp. 27–50.
- [11] J. Liu, F. Dawalibi, Y. Yang: *Determination of Rail Conductor Characteristics for Electromagnetic Interference Studies*, IEEE, 2002, pp. 382–386.
- [12] D. D. Micu, E. Simion, A. Ceclan, D. Micu: *Numerical methods for induced voltage evaluation in electromagnetic interference problems*, 9th International Conference EPQU Barcelona, 9–11 Oct. 2007.
- [13] D.D. Micu, I. Lingvay, E. Simion: *Calculul tensiunilor induse in conductele subterane*, Research report (in romanian), CEEX – ICEMECOS X2C37, july 2007.
- [14] D.D. Micu, E. Simion, D. Micu, A. Ceclan, L. Cret: *Numerical algorithm for the accurate evaluation of the induced voltages in a pipeline*, 6th International Conference on Computational Electromagnetics, Aachen, Germany, April 4–6, 2006, pp. 230–232.
- [15] D.D. Micu, D. Micu, E. Simion, L. Cret: *Numerical computation of the induced voltages in a pipeline using special interpolation functions*, International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA Sofia, Bulgaria, Sept. 15–16, 2005, pp. 327–329.
- [16] J. Epperson: *An Introduction to Numerical Methods and Analysis*, John Wiley & Sons Inc., New-York, U.S.A, 2001.
- [17] A. Tikhonov, et all: *Numerical Methods for the Solution of Ill - Posed Problems*, Kluwer Academic Publishers, London, 1995.
- [18] Floyd, R.: *Testing and mitigation of AC corrosion on 8" line: A field study*, NACE Meeting Papers - Corrosion 2004; New Orleans, LA; 28 March 2004 through 1 April 2004, p. 17.

A háztartási hulladékok gyűjtése és szállítása egy gazdaságilag integrált rendszeren belül

Domestic waste collection and transport within an economically integrated system

Colectarea și transportul deșeurilor domestice într-un sistem economic integrat

SZÁSZ Imre¹, Dr. ROȘ Victor²

¹Eurofer Trio K.F.T, Csíkszereda

²Kolozsvári Műszaki Egyetem

ABSTRACT

The paper deals with the problems of collection and transportation of the household waste generated in Harghita county. A special methodology is indicated for the transportation operations economical-efficiency evaluation, and after that the household waste collection and transportation procedures are presented, in case when household waste selection and processing operations are considered too. Using the existing reports and statistics about the quantities and composition of the household waste generated in the county, the adequate storage capacities of the new waste deposits is possible to be calculated. The paper presents a proposal regarding the optimal placement of the new waste deposits too.

ÖSSZEFOGLALÓ

A dolgozat a Harghita megye területén lévő háztartási hulladékok begyűjtésével és szállításával kapcsolatos problémákat tárgyalja. Külön módszert vázoltunk fel a szállítás gazdaságosságának a meghatározására, majd a háztartási hulladékok begyűjtési és szállítási eljárásait mutatjuk be egy olyan fejlett köztisztasági rendszerben, ahol már a kezelési és az újrahasznosítási törekvések is megjelennek. A statisztikai adatok segítségével felbecsült hulladékmennyiség alapján megtervezhető a helyi hulladéktárolók pontos mérete és elhelyezése, valamint az ezek által lefedett gyűjtőterületek nagysága. Végül pedig egy tervet mutatunk be az átrakodási állomások optimális elhelyezésére vonatkozólag Harghita megye területén.

1. BEVEZETÉS

Egy rendezett hulladékgyűjtési folyamatban a hulladékszállítás az alapvető feladatok közé tartozik. Mivel a hulladékszállítás egyben a legköltségesebb művelet is, ennek az optimalizálására egy igen fontos követelmény. A hulladékszállítás megkönnyítése érdekében igen sokféle típusú szállítóeszközt fejlesztettek ki annak érdekében hogy a szállítás megkönnyítése mellett könnyebbé tegyék az ember munkáját a fel- és a lerakodás közben is. Egy hulladékszállító járműnek a szállítási útvonalak és a területi viszonyoknak megfelelő paraméterekkel kell rendelkeznie. Biztosítani kell egy hasznos rakodási együtthatót, valamint egy olyan tömörítési hatásfokot, amely lehetővé teszi a szállítóeszköz leggazdaságosabb üzemeltetését. Ugyanakkor követni kell a hasznos rakodási úrtartalom maximális kihasználását amely összhangban van a hulladékgyűjtési zónában lévő hulladéksűrűséggel, illetve a szállítóeszköz hasznos térfogatával.

A begyűjtési folyamat termelékenységénél figyelembe kell venni a gyűjtés és szállítás fluxusának a megszervezését, valamint az útszakaszok minőségét is, abban az értelemben, hogy ha az útszakasz egyenetlen, akkor a szállítóeszközök idő előtt meghibásodhatnak. Ebből kifolyólag növekszenek a karbantartási költségek és akadályok léphetnek fel az üzemeltetésben is. A begyűjtési útvonalakat folytonosan optimalizálni kell. Egy nem megfelelő útvonal növeli a begyűjtési időt és a rakodó munkások közötti egyenetlen megterhelést, csökkenti az optimális teljesítményt, mivel a dolgozó csapatok nem tudják az összes gyűjtési pontot kiszolgálni munkaidejük alatt.

2. A SZÁLLÍTÁS GAZDASÁGOSSÁGA EGY ADOTT JÁRMŰ ESETÉBEN A HULLADÉKOK BEGYŰJTÉSE ÉS SZÁLLÍTÁSA EGY INTEGRÁLT RENDSZERBEN

A szállítás gazdaságosságát egy adott szállítóeszköz esetében a Gusev eljárás szerint lehet meghatározni, a szállítóeszköz hasznos befogadóképessége függvényében [1]:

$$T = G_h / t = G_h / (t_{sz} + t_l + t_f), \quad (1)$$

ahol: G_h a szállítóeszköz hasznos befogadóképessége [tonna], t egy járathoz megállapított idő [óra], t_f a felrakodáshoz szükséges idő [óra], t_{sz} a szállítási idő [óra], valamint t_l a lerakodáshoz szükséges idő [óra]. Feltételezve, hogy a távolság oda-vissza a gyűjtés helyszínétől a hulladéklerakóig egyenlő, a szállítási időt a következőképpen írhatjuk fel:

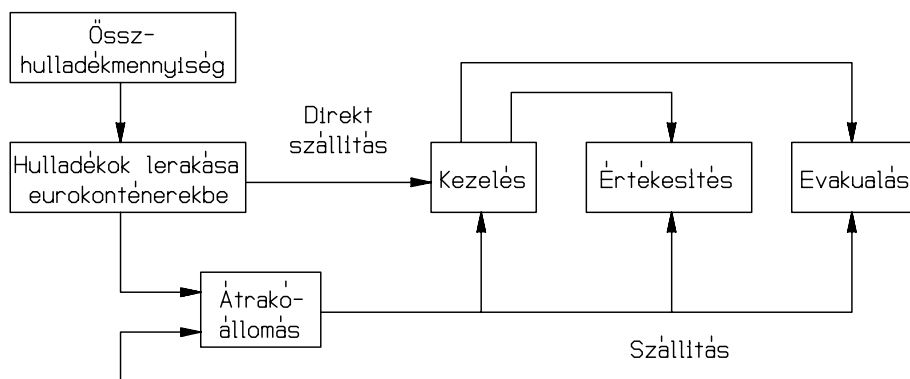
$$t_{sz} = 2l_t / v, \quad (2)$$

ahol: v a szállítóeszköz sebessége [km/óra], l_t pedig a szállítási távolság [km]. Következik tehát, hogy:

$$T = vG_h / [2l_t + v(t_l + t_f)]. \quad (3)$$

Tehát, a szállítás gazdaságosságának a meghatározásában szerepet játszik a szállítási távolság, valamint a szállítóeszköz sebessége is.

A háztartási hulladékok integrált gazdaságossági rendszere egy olyan szervezett rendszer, amely a lakosságtól teljes begyűjtést, gépi szétválasztást, és ökológiailag megfelelő elraktározást biztosít a nemzetközi szabványoknak megfelelően, valamint biztosítja a hulladékok gazdaságos feldolgozását és újrahasznosítását is. Az 1. ábrán látható egy integrált szállítási eljárás egy fejlett köztisztasági rendszerben, ahol már a kezelési és újrahasznosítási komponensek is szerepelnek. Ebben a rendszerben a hulladékok egy magasfokú szétválasztási folyamaton mennek keresztül, amelyet elsősorban a lakosság végez el az előreválogatott gyűjtés alkalmával, utána pedig a hulladékokat a szétválasztó központokban válogatják újra, a szétválasztás gépi folyamata alkalmával. Ennek következtében a szennyvizek, a biogázok, és a szagok költséges kezelésének csökkentését is el lehet érni.



1. ábra

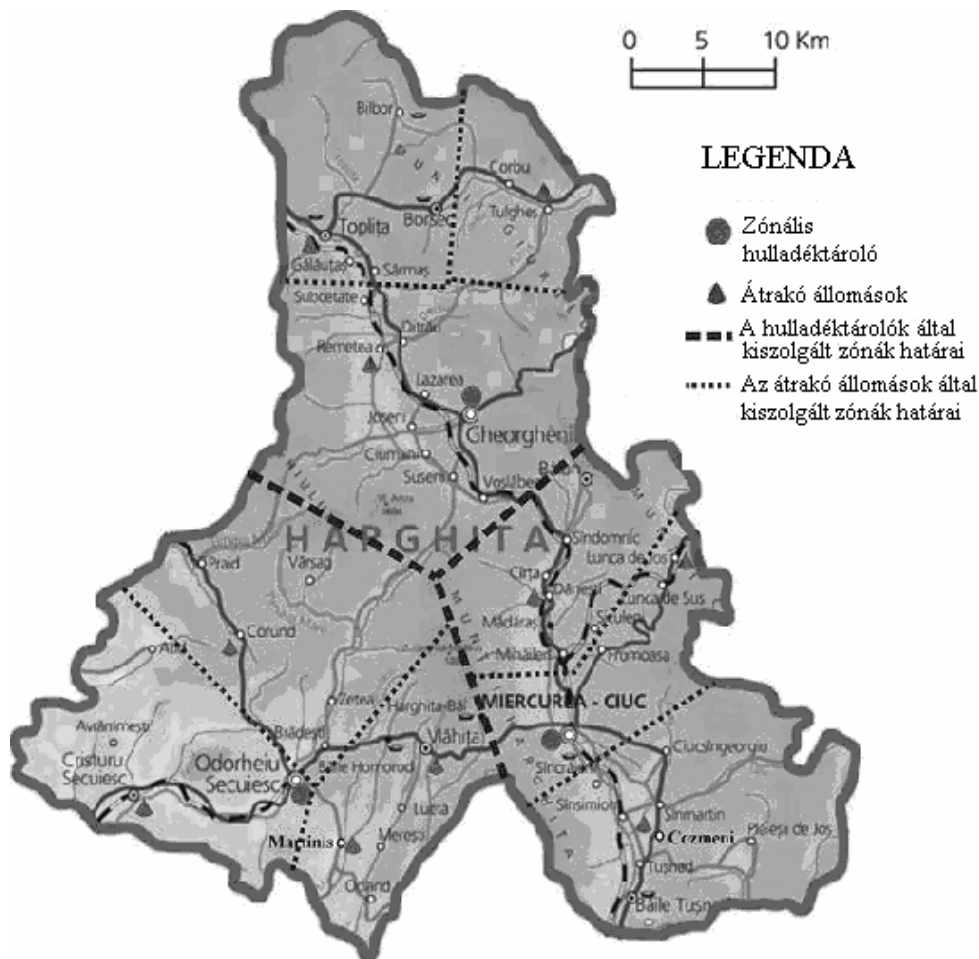
A hulladékok begyűjtése és szállítása egy integrált gazdasági rendszerben

A hulladékok magasfokú szétválasztása azért is fontos, mert a hulladéktárolók – amelyek csak a hulladéktárolásra rendeltettek – csak egy kis mennyiségű biológiailag lebomló hulladékot fognak tartalmazni. Ennek következtében a hulladéktárolókat a bezárásuk után csak egy rövid ideig kell ellenőrzés alatt tartani [2]. Ez pedig többletkiadások megtakarítását is jelenti.

Az 1. ábra alapján az is következtethető, hogy egy ilyen előrehaladott szétválasztási rendszerben a szállítási mennyiség nő egy olyan rendszerrel szemben, amely nincs pontosan meghatározva, amelyben a hulladékok általában nincsenek szétválasztva és egyenesen a hulladéktárolókba kerülnek, anélkül hogy előre meg lenne állapítva ezeknek a kezelési helye meg módozata.

3. A HELYI HULLADÉKTÁROLÓKBA ELHELYEZHETŐ HULLADÉKMENNYISÉG ÉS AZ EZEK ÁLTAL KISZOLGÁLT TERÜLETEK ELHATÁROLÁSA HARGITA MEGYÉBEN

A hulladéktárolók elhelyezési helyszínének kiválasztásakor a szállítási költségek minimalizálása érdekében figyelembe kell venni azt, hogy a hulladéktárolók a nagyobb városi központok közelében legyenek elhelyezve. A hulladéktárolók tervezésében jártas cégek tapasztalatai szerint, a begyűjtési és szállítási költségek minimalizálása érdekében egy helyi hulladéktároló által kiszolgált távolsági körzet nem haladhatja meg a 30 km-t. Az optimális távolsági körzet 25 km. Figyelembe véve ezeket a szabályokat, a 2-es ábrán a Hargita megyére javasolt hulladéktárolók, és az ezek által kiszolgált régiók határai vannak feltüntetve. Sztatisztikai adatok szerint, Hargita megyében évente egy lakos körülbelül 300 kg háztartási hulladékot termel, valamint egy háztartásra átlag 2,8 személy jut.



2. ábra
Átrakó állomások és az ezek által kiszolgált régiók határai

Az előbbi adatok alapján kiszámítható, hogy egy regionális hulladéktároló által hány háztartást lehet kiszolgálni, és mennyi az egy hulladéktárolóra jutó hulladékmennyiség [tonna/régió/év]. Gazdaságossági szempontból a hulladék szállító járművek útvonalait állandóan optimalizálni kell [3]. Előreláthatólag, a sztatistikai adatok alapján, Hargita megyében a következő években növekedni fog a szállítandó háztartási hulladékok mennyisége és úgyszintén a háztartások száma is.

1. Táblázat

Átrakó állomások és a regionális hulladéktárolókra eső hulladékmennyiség
(a háztartások számának arányában) Hargita megyében.

<i>Helységek száma</i>	<i>Átrakódó állomások</i>	<i>A hulladéktároló által kiszolgált lakosság száma</i>	<i>Háztartások száma</i>	<i>Háztartási hulladékmennyiség (tonna/régió/év)</i>
	Csíkszereda régiója			
23	Gyimesközéplak Csíkdánfalva Kozmás	122.040	43.585	36.612
	Székelyudvarhely régiója			
30	Szentegyháza Korond Székelykeresztúr	126.800	45.285	38.040
	Gyergyószentmiklós régiója			
19	Maroshévíz Tölgyes Remete	92.730	33.117	27.819

A táblázatban azok a Hargita megyei helységek vannak feltüntetve ahol a regionális hulladéktárolók elhelyezésének függvényében a legalkalmasabb átrakódó állomásokat lehetne létesíteni. Az átrakó állomások előnye az, hogy egyszerre több hulladékszállító jármű rakományának áthelyezését teszi lehetővé egy nagyobb járműre, aminek következtében csökken a hulladékszállító járművek száma a hulladéktárolóig. Így nemcsak egy jelentős szállítási költséget takaríthatunk meg, és csökken a környezetbe kibocsátott gázok és zajok mennyisége is, hanem csökkennek a személyzetre vonatkozó költségek kiadásai is.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A dolgozat a háztartási hulladékokkal kapcsolatos begyűjtési és szállítási problémákat tanulmányozza egy integrált gazdasági rendszerben Hargita megye esetében. Egy lehetséges tervet mutattunk be az átrakó állomások optimális elhelyezésére vonatkozólag, valamint a zonális hulladéktárolók és az átrakó állomások által kiszolgált régiók elhatárolásáról Hargita megye területén.

SZAKIRODALOM

- [1] Fehér Gy. – Evacuarea și valorificarea reziduurilor menajere. Editura Tehnică București, 1982.
- [2] Frank K. – Handbook of solid waste management, Mc Graw - Hill Inc., New York, NY 10020.
- [3] Bularda Gh., Bularda D., Catrinescu Th. – Reziduuri menajere, stradale și industriale. Editura Tehnică București, 1992.

Elvek és modellek a rendszerek fejlődésében

Principle and Models for System Evolution

Principii și modele în evoluția sistemelor

Ing. SZÉL Alexandru

Bukaresti Műszaki Egyetem, Elektronika és Információ Technológia Kar
e-mail: szel.alexandru@yahoo.com

ABSTRACT

Introducing new definitions for system and its main systemic properties, new evolution preservation principles, composition laws for systems, speeds, impulses, inertia, etc. in n -dimensional space are stated. Also, new approximation calculus in non-linear equations and new relaxing solutions for specific differential equations are presented, together with critical points, expansion of the studies in other applications in physics, automatics, robotics, quantum mechanics, biology, astronomy, ecology, etc. The composition laws for speeds, impulses, inertias, relative variation in n -dimensional space, can be considered relativity's theory develop, easy applicable in the researchers' current activity, engineers, etc., having a strong integrator character of different scientific branches, promoting the idea of a future common methodology. The principle of total relative variation conservation is similar to the Hamilton's principle in the classic physics, and having a universal n -dimension expression is easily applicable in all applications, including engineering. The paper opens new horizons in scientific frontier research, sustaining the numerical methods development and also the tendency of information digitization, and of the researches methodological unification.

Keywords: system model; nonlinear; deterministic; dynamical; superposition; discrete.

ÖSSZEFOGLALÓ

A rendszerek és a fontosabb rendszertulajdonságok szemléltetésére bevezetünk új meghatározásokat, fejlődési elveket, a rendszerek, sebességek, impulzusok, tehetetlenségek, stb. összevonására vonatkozó törvényeket egy n -dimenziós térben. Új módszert mutatunk be a nemlineáris egyenletrendszerek megoldására, kifejezzük a differenciálegyenletek relaxációs megoldásait, a kritikus pontok feltételeit, kibővítjük a tanulmányt fizikai, automatizálási, robotikai, kvantummechanikai, biológiai, asztronómiai, ökológiai, stb. alkalmazásokra.

A sebesség, impulzus, tehetetlenség, relatív változás, stb. összevonása egy n -dimenziós térben, a relativitáselmélet fejlesztéseként is értelmezhető, a kutatók és mérnökök mindennapi tevékenységében alkalmazhatók, integráló szerepet töltvén be különböző tudományos ágak között, támogatván egy új kutatási módszertan ötletét. Az általános relatív változás megmaradási törvénye hasonlít a hamiltoni klasszikus elvre a fizikából, az egységes n -dimenziós formája könnyen alkalmazhatóvá teszi a fejlesztők számára. A kutatás új kilátást jelent a határtudományok területén, támogatván a numerikus módszerek fejlesztését és a diszkrét információs alkalmazások elterjedését, a kutatási módszertanok egyesítését.

1. A KUTATÁS CÉLJAI, FONTOSSÁGA, ÚJSZERŰSÉGE

Új alapokra helyezni a rendszerek tanulmányozását, új elvekkel, törvényekkel, módszerekkel, ismeretekkel, a mindennapi szakmunka és a határtudományok (alapkutatás) bővítése céljából. Az új rendszermodell eszköz lehet a tervezők és kutatók számára.

2. MODELLEK, MEGHATÁROZÁSOK, ELVEK, TULAJDONSÁGOK AZ N-DIMENZIÓS TÉRBEN

A rendszerek matematikailag szigorúan meghatározhatók, ha a fejlődési törvények mellett ismertek az input/output törvények is [4],[5],[6],[7].

A gyakorlatban a véges terjedelmű fizikai rendszereket legtöbbször egyenletek, egyenletrendszerek, azonosságok formájában modellezik. A rendszerleírást egy

$S(x_1, \dots, x_n) \subseteq \mathfrak{R}^n$ metrikus térben az

$$F_j(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) \quad (j = 1, \dots, m) \quad (1.1.)$$

nemlineáris egyenletrendszerrel vázoljuk.

A változás elemei több formában (tér, információ, energia, tömeg, stb.) jelenhetnek meg.

A természetes rendszerekben bizonyos feltételek mellett a változás (tér, információ, stb.) energiává, az energia tömeggé változhat. Az átalakulások mindkét irányba lehetségesek.

Egy $V(x_1, \dots, x_n)$ hiperúrtartalomtól kiindulva meghatározhatjuk a relatív változás operátorát [1]:

$$\Omega(V) = dV/V = \sum_{i=1}^n a_i(dx_i/x_i) = \sum_{i=1}^n a_i\omega_i \quad \omega(V) = \sum_{i=1}^n(dx_i/x_i) = \sum_{i=1}^n(\omega_i)$$

A klasszikus rendszerek esetében a hiperúrtartalom jelentheti a rendszer T átviteli függvényét:

$$\Omega(V) = \Omega(T) = dT/T = \Omega(Y) - \Omega(X) \quad \text{ahol az } Y \text{ a bemenetek, az esetleges célfüggvények változóit,}$$

valamint az X a kimenetek, zavarójelek változóit jelentik.

Más változó felosztások esetében (állapotok, zavaró jelek, parancsok stb.) a fenti kifejezés bővíthető (a pozitív tagok kimenet vagy célfüggvény jellegűek, valamint a negatív tagok bemenet vagy zavarójel stb. jellegűek).

Egyes rendszerek esetében a hiperúrtartalom sajátos formát ölthet:

$$V = K \prod x_i^{p_i}, \text{ a } p_i \text{ hatványok, súlyozó vagy dimenziós kitevők, stb.}$$

A szakirodalomban az $\Omega(V)$ függvényében a rendszerek osztályozhatók: konzervatív (hamiltoni) rendszerekre, amikor $\Omega(V) = 0$, valamint diszipatív rendszerekre, ha $\Omega(V) < 0$ [8].

A szpecifikus a_i értékek egy konkrét (1.1.) rendszer esetében $a_i = x_i \sum_j (1/F_j) \cdot (\partial F_j / \partial x_i)$ általános formát öltenek.

Ha a kölcsönhatások törvényeit kibővítjük a környezettel való kapcsolatok leírásával, definiálhatunk egy **komplett (teljes) rendszermodellt**. Ilyen esetekben elképzelhető egy objektumorientált komplett (teljes), látszólag izolált rendszermodell, amely tartalmazza az bemeneti/kimeneti jelenségek effektusait is.

Ha az (1.1.) rendszer megfelel a

$$F_j(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) = c_j \quad (j = 1, \dots, m)$$

és $\Omega(V) = 0$ (egyedi dx_i/x_i elemek)

feltételeknek, akkor egy komplett rendszert képez.

Ez a – látszólag zárt rendszer – [8] hasonlít az informatikából ismeretes objektívorientált rendszerekre, tartalmazza a külső világ hatásait.

A komplett rendszernek különös tulajdonságai vannak, például nem érzékeny a külső zavaró jelekre, hullámzó tulajdonságai vannak, felértékelődnek az okozati tényezők, az összhatás és egyensúly mellett ezen rendszerek esetében, működési törvényeik az aszimptotikus határterületeken is érvényesek, stb. Komplett rendszermodell formát kaphatunk például, ha a rendszerösszefüggéseket azonosság formájába adjuk meg. Példaképpen a fizikából ismert $\lambda = \Omega T$ összefüggésből megkaphatjuk az $E = (\Omega T / \lambda) \equiv 1$ és a $d\Omega / \Omega + dT / T - d\lambda / \lambda \equiv 0$ formát, ahol a λ a hullámhossz, az Ω a szögsebesség, T a periódus.

A relaxációs állapot. A rendszerek egyik határállapota a relaxációs állapot, ahol a nagy entrópia miatt a túl kicsi vagy túl nagy energiák esetében a komponensek függetlensége/azonos valószínűsége a domináns, és ellenőrizni kell a működési törvények érvényességét. Bizonyítható, hogy egy (1.1.) rendszer távoli relaxációs állapota (amely felé aszimptotikusan tart a szabad evolúciója, ha nem is éri el mindenképpen ezt az állapotot) megkapható a következő egyenletrendszerrel:

$$\Omega(V) \longrightarrow \omega(V), \quad a_i = x_i \sum_j (1/F_j) \cdot (\partial F_j / \partial x_i) = \pm 1$$

E rendszer megoldása megadhatja a végleges relaxációs állapotot, valamint a szükséges relaxációs időt. Felismerhető, hogy a differenciálegyenletek egyszerű műveletekkel átalakíthatóak $\Omega(V)$ formára, majd összehasonlítva az $\omega(V)$ formával, direkt módon megkaphatók az a_i kifejezések. Így az egyedi differenciálegyenleteknél egyszerűbben kiszámíthatók a relaxációs értékek. Például, a klasszikus térbeli hőtágulás törvénye maximum $2V_0$ értékig érvényes.

Hasonlóképpen a Schrödinger egyenletből kiindulva meghatározhatók egy gyenge összehatású rendszer relaxációs (aszimptotikus) energiaszintjei: $\lambda \cdot h = 1$.

Bizonyos folyékony struktúrájú, kis energiaszintű rendszereknél lehetséges, hogy a relaxációs pont még a működési tartomány része.

Kritikus (egyensúly) pontok. A lineáris rendszerelmélet sajátérték koncepciójához hasonlóan, a nemlineáris rendszereknél vezetjük a kritikus pontokat, mint azokat a pontokat, ahol a relatív változás egész számú értéket eredményez: $(dx_i / x_i) = p_i \approx (\pm 1)^k, k = 0, 1, 2, 3, \dots$. Ezek a pontok segítenek a rendszer vonzási pontjai (attractor) keresésében. Egy rendszernek több kritikus pontja lehet. A mai gyakorlatban csak a 0-s értékű pontot értékelik, egyes szerzők a kritikus pontokat helyi egyensúlypontoknak nevezik.

A rendszerek az evolúciójuk során több kritikus pontot is elérhetnek. A kritikus pontok között a hullámzó tulajdonságok a jellemzőbbek (nagy sebességgel), míg a kritikus pontok körül csökkennek a sebességek, az anyagi tulajdonságok válnak fontosabbá.

Mivel a hullámzó viselkedések nagyobb sebességűek (kisebb időközökkel), az evolúció ugrásszerűnek tűnik a kritikus pontok között. Két vagy több rendszer összehatása esetén az evolúció egy vagy több (új) kritikus pont felé halad a tehetetlenség növelése irányába, esetenként inaktív potenciális energiákat hozván létre a kritikus pontokban:

$$\left\{ \frac{\Delta \lambda_i}{\lambda_i} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta \Lambda}{\Lambda} = 0, 1, 2, \dots$$

Például, két rendszer esetében $\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_2} - \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1} = -\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_2} \cdot \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1} \Rightarrow (-k), k \in \mathbb{Z}$

A kritikus pontok közötti evolúció csak bizonyos energiaküszöbök $\Delta E = h \cdot \nu$ elérésével lehetséges.

Ezek szerint a komplex rendszereknél a mozgó komponenseken kívül léteznek nemfunkcionális (inerciális) komponensek és funkcionális komponensek is. A változó hullámhossz ($\Delta \lambda_i$) eredmények sebességváltozásokat okoznak. Lehet, hogy a fényforrások sikeres szuperpozíciója fénymotorok lehetőségeit rejtje magukban?

A kapcsolati összefüggés

Mint egy kapcsolati összefüggést a klasszikus és javasolt modellek között (a relativista modellek esetében is) megnevezhetjük például a HUBLE törvényt az asztronómiából:

$$v = c \cdot (d\lambda_i / \lambda_i) \quad \text{és általánosítva}$$

$$x_i = n \cdot \lambda_i \quad \text{ha} \quad \lambda_i < x_i \quad \text{és}$$

$$\lambda_i = k \cdot x_i \quad \text{ha} \quad x_i < \lambda_i \quad i = 1, n$$

Végül megkapjuk a

$$v = c \cdot [\Omega(\mathcal{V}) \pm \Omega(r)] = c \cdot [\omega(V) \pm \omega(r)], a > = \sum b_i v_i$$

kifejezést, ahol v sebesség, c a fény sebessége a légüres térben, valamint a λ_i a hullámhossz.

A fenti összefüggés kifejezi a sebességek összevonását az n -dimenziós térben, valamint a rendszer összefüggései korrekt megfogalmazása esetén a külvilág hatásait is bevonva, amikor a rendszer nem mozog, tehát $v = 0$, beszélhetünk az összsebesség konzerválásáról is. Ha a rendszer nincs jól definiálva, a globális sebesség nem nulla (a rendszer vagy az éter mozog). Az $\omega(r)$, és $\Omega(r)$ értékek a vonatkoztatási rendszer változásai (a fenti példában az n és a k függvényei). Az $x_i < \lambda_i$ tagok pozitívak, valamint az $x_i > \lambda_i$ tagok negatívak. Az $\omega(r) = 0$ feltétel $x_i = \lambda_i$ egyenlőséget jelent. Az a_i kifejezés fennebb határoztuk meg. Az eredmény kifejezi az x_i elemek sebességeinek interakcióját, a fizikai jelentőségüktől függetlenül. Egy másik kapcsolatot a rendszer átviteli függvénye képezhet a fenti kifejezések szerint.

Ha $(dx_i/x_i) \ll p_i$, (dx_i/x_i) a mozgás mértéke, $p_i - (dx_i/x_i)$ a tehetetlenség mértéke lehet a p_i kritikus pont körül. Az interakció mértéke a mozgás és a tehetetlenség szorzata:

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i(dx_i/x_i) \cdot (p_j - a_j(dx_j/x_j)) \quad \text{vagyis,} \quad S = [P \cdot \Omega(V) - (\Omega(V))^2]$$

ahol p_j értékek a j változók kritikus pontjainak az értékei.

Ezek után bevezetjük a megvalósíthatóság feltételét:

Egy komplett rendszer fizikailag megvalósítható, ha bármely véges időtartalomra véges összhatással rendelkezik: $S < \text{const}$.

A relatív impulzus kifejezése a következő:

$$H = v \cdot [P - (\Omega(V) \pm \Omega(r))] = c \cdot \left[[\Omega(V) \pm \Omega(r)] \cdot P - [\Omega(V) \pm \Omega(r)]^2 \right]$$

Hasonlóképpen kifejezhetők új összefüggések a nyomás, sűrűség, hővezetőség, stb. esetére.

Több szempontból is fontos lehet a tehetetlenség összevonása:

$$\Omega(V) = dV/V = \sum_{i=1}^n a_i(dx_i/x_i) = \sum_{i=1}^n a_i \cdot \omega_i \quad \omega(V) = \sum_{i=1}^n (dx_i/x_i) = \sum_{i=1}^n (\omega_i) \quad P = \sum_{i=1}^n (p_i)$$

$$I = P - \Omega = \sum_{i=1}^n (p_i - a_i \omega_i) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i + \Omega_i) \quad \Rightarrow \quad \Omega = P - 1 + \prod_{i=1}^n (1 - p_i + \Omega_i)$$

A kifejezés az első fokú hibák összevonási törvényére utalható vissza a hibák elmélete szerint.

Ezek szerint kifejeztük a relatív változások szuperpozícióját, vagyis az alrendszerek szuperpozícióját is.

Az Einsteini energia-tömeg összefüggés a fenti eredmény szerint kifejezhető a következőképpen:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = c^2 \cdot (P - \Omega) = c^2 \cdot \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i + \Omega_i) \right)$$

A relatív összváltozás megmaradási elve.

A rendszerek esetében kijelenthető a **minimum relatív összváltozás elve**, amely kifejezi a különböző fizikai jelentőségű változók közötti relatív változáscsere lehetőségét az összváltozás állandó vagy minimum szinten tartásával (a mellékletben magyarázzuk például a levitációt)

$$\sum_0^V S = \sum_0^V \left[P \cdot \Omega(V) - (\Omega(V))^2 \right] = \text{MIN/CONST}$$

A kifejezés a fizikából ismeretes Hamilton-féle variációs elvre emlékeztet, de ennél az egyedi formája miatt is könnyebben alkalmazható. A minimizálás megoldható akár diszkrét formában is, például a dinamikus programozás segítségével.

Az alkalmazkodás

A lassan változó elemeket kemény elemeknek nevezzük. Ahhoz, hogy a rendszer alkalmazkodni tudjon a puha (gyorsan változó) elemekhez, szükséges, hogy tartalmazzon megfelelő mennyiségben, gyorsabban változó, instabilabb puha elemeket, azaz szükséges, hogy

$$\sum_{j=1}^p \frac{dx_j}{x_j} \geq \sum_{i=p+1}^n \frac{dx_i}{x_i}$$

ahol p a puha elemek gradienseinek a száma.

A puha elemek függvényében a Boltzmann szerinti entrópia-képlet kifejezhető a következő alakban:

$$S = K_B \ln \left(\prod_{j=1}^p \frac{dx_j}{x_j} / \prod_{i=1}^n \frac{dx_i}{x_i} \right)$$

Az evolúció megmaradási törvény

A fizikából ismert Newton-féle tehetetlenségi törvény általánosításával definiáljuk az evolúció megmaradási törvényt összhatások alatt is: egy rendszer megtartja a folytonos evolúcióját, ha folytonosan megtartja az evolúciós görbe formáját. Mondhatnánk például, hogy a rendszer evolúciója illeszkedik az evolúciós görbéhez, ha a rendszer múltja jelene és jövője a görbén található. A rendszer evolúciója változhat akár a rendszer belső működéséből, akár a külvilág (médium) anizotrópikus változásaiból kifolyólag. A külvilág változásait figyelmen kívül hagyva, az evolúció megmaradási törvényével kapcsolatban nem lehet csak *szükséges feltételeket* megfogalmazni. Az *elégéses feltételek* megfogalmazásához a modellbe be kell vonni a külvilág esetleges változásait is. Ez egy komplett rendszermodell esetében lehetségessé válik, ha a külső változók törvénye ismeretes. A szükséges feltételek közé sorolhatók például:

- ha a rendszer megőrzi az evolúciós egyenletek formáját;
- ha megfelel egy invariáns kifejezésnek, amely tartalmazza a görbe legalább három egymásutáni általános pontját, stb.

Hasonlóképpen a térgömbület fogalmához a fizikából (a relativitási elveket is beleértve) bevezethetünk egy invariáns típusú kifejezést az **evolúciós görbén való maradás elemzésére**, például:

$I(k) = 1$ állandó, lineáris evolúció az eredeti görbén (a görbe minden k pontján),

$I(k) = \text{const} \neq 1$ állandó, nemlineáris evolúció állandó görbülettel,

$I(k) \neq I(k-1)$ változó, a k nem folytonos pont.

Egy ilyen kifejezés mértéke lehet a fenntartható fejlődés elemzésének.

A stabilitás feltétele

Ha a hiperúrtartalom $V > 0$ és $\omega(r) \leq 0$, a rendszer stabil (Ljapunov szerint) [6]. Tehát a $V > 0$ és $\omega(r) \leq 0$ feltételeket alkalmazhatjuk a rendszerek stabilitásának elemzésére. Ismerjük fel, hogy e módon elemezhetjük a stabilitást az evolúció-törvény ismerete nélkül, csak a mért vagy látott változók alapján.

A differenciálegyenletek elméletének megfelelően, a **rendszer szimmetrikus**, ha kielégíti a következő feltételt:

$$(dx_1 / x_1) = (dx_2 / x_2) = \dots = (dx_n / x_n)$$

A szimmetrikus rendszerek kritikus pontjaira felírható:

$\prod \frac{\Delta \lambda_i}{\lambda_i} = k$ egész szám. Ez a termodinamikában a $\{\mathbf{P}, \mathbf{V}, \mathbf{T}\}$ térben ismeretes kifejezés.

A **szinkronikus evolúció** feltétele, hogy a különböző (dx_i / x_i) elemek hasonló fontossággal (valószínűséggel) bírnak, vagyis eleget tegyenek egy $\sum \alpha_i (dx_i / x_i) = \text{const}$ kifejezésnek az $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n$ feltételek mellett.

A struktúra, láthatóság

A világegyetemben minden változik. A változások mértékétől és a megfigyelők „felbontási” lehetőségeitől függ, hogy mi az, ami struktúra és mi az, ami változás. Ezek szerint:

Az x_i változó a rendszer szerkezeti (strukturális) eleme, ha teljesül a következő feltétel:

$$\max \left(\frac{dx_i}{x_i} \right) \leq C_0 \quad (i = 1, \dots, n)$$

ahol C_0 egy megfigyelői állandó, amely olyan szint, amelyet a megfigyelő még képes változásként érzékelni. A rendszer szerkezetét azok az x_i elemek építik fel, amelyek megfelelnek a fenti feltételnek, és explicit formában megjelennek a rendszer leírási modelljében.

Az előző meghatározáshoz hasonlóan határozzuk meg a változás láthatóságát is:

Az x_i rendszerelem változása látható, ha

$$\min \left(\frac{dx_i}{x_i} \right) \geq C_m \quad \max \left(\frac{dx_i}{x_i} \right) \leq C_M$$

és ahol C_m és C_M függenek a megfigyelői képességektől. Általában $C_0 \leq C_M$, de a látható tartomány tartalmazhat strukturális és változó elemeket is, vagyis mindent ami a fenti tartományba tartozik.

Spektrális értelmezések

Nyilvánvaló, hogy bizonyos kommunikációs rendszerekben nagyon gyenge jelek esetén, a relatív kifejezések használata ajánlatos, például egy $\sim 10^{-12}$ m nagyságrendű x jel és $dx \sim 10^{-14}$ m esetén már csak a jel felismerése is könnyebb a jel

$$\frac{dx_i}{x_i} \quad (\sim 10^{-2} \text{ m}) \text{ formában való feldolgozásával.}$$

A spektrális változók segítségével osztályozhatjuk a folyamatok állapotát ($i = 1, n$):

$$\text{mod}\left(\frac{dx_i}{x_i}\right) \ll 1 \quad \text{inerciális állapotú folyamatok,}$$

$$\text{mod}\left(\frac{dx_i}{x_i}\right) \approx 0,1, 2, 3, \dots \text{ (egész szám) – kritikus állapotú folyamatok,}$$

$$\text{mod}\left(\frac{dx_i}{x_i}\right) > 1 \quad \text{gerjedő, hullámzó, robbanó, katasztrófa állapotok.}$$

A RENDSZERMODELL EGY MEGOLDÁSA

Ismervén az operációkutatás, különösen az optimalizálási módszerek és speciálisan a korlátok nélküli optimalizálási módszerek lehetőségeit [12], egy (1.1.) típusú nemlineáris rendszer megoldása könnyebben megvalósítható, megkeresvén egy

$$G_j = F_j(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) - c_j = 0 \quad (j = 1, \dots, m) \quad \text{típusú ekvivalens rendszer megoldását}$$
$$\min \left(\Phi = \sum_{j=1}^m G_j^2(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) \right)$$

formában, egy ismert számítógépes módszer segítségével (például az n -dimenziós szimplex módszerével) [1], [10].

Egy nemlineáris egyenletrendszer megoldása egy funkcionál minimalizálása révén, a módszer általánossága mellett előnyös abból a szempontból is, hogy gyakorlatilag nincs megkötés a kifejezések és a változók száma között, szükség szerint bevezethetők új kifejezések és változók (például egy nemlineáris differenciálegyenlet kicserélése esetén egy lineáris egyenletrendszerre).

Ha a minimizálandó funkcionálba beépítünk egy célfüggvényt, optimális megoldást kapunk.

A módszert kombinálva a relaxációs elvvel és az evolúciós egyenletek új dinamikus sorozatokkal való leképezésével, megoldhatóvá válnak bizonyos variációs problémák is.

Az szakirodalomban [3] ismertek egyes módszerek a (1.1.) típusú nemlineáris differenciálegyenletek lineáris formára való levezetésére.

A funkcionál minimalizálása kombinálva az n -dimenziós szimplex módszerével különösen ajánlatos, mivel a függvényekkel kapcsolatban nincsenek folytonossági és deriválhatósági elvárások, amelyek legtöbb esetben lokális optimumot eredményeznek.

A alábbiakban egy példát mutatunk be a módszer alkalmazására.

A fenti tárgyalt problémák estében nem volt szükségünk a tömeg fogalmára. Egy sor más probléma bemutatása egy következő cikk témaköre lehet.

3. ALKALMAZÁSOK

3.1. A komplett rendszermodell megoldása

A következőkben bemutatunk egy módszert a nemlineáris egyenletrendszerek numerikus megoldására.

Legyen adott egy nemlineáris egyenletrendszer:

$$F_j(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) = 0$$

$$(j=1, \dots, m) \quad (3.1.)$$

Felépítünk az egyenletrendszerrel (a megoldás szempontjából) egyenértékű problémát: Számítsuk ki az x_1, \dots, x_n értékeket, amelyek biztosítják a Φ funkcionál minimumát:

$$\min \left(\Phi = \sum_{j=1}^m F_j^2(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) \right) \quad 3.2.$$

Ahol az F_j függvények (3.1). formájúak. Megfigyeljük, hogy a (3.1) rendszer x_1, \dots, x_n megoldása biztosítja ugyanakkor a (3.2) funkcionális minimumát is, és ez fordítva is igaz. Ezek szerint a nemlineáris egyenletrendszerek megoldása helyettesíthető egyetlen funkcionál korlátok nélküli minimalizálásának a problémájával. Az utóbbi probléma megoldása sokkal könnyebb az ismert, korlátok nélküli optimalizálási módszerek segítségével, például: az egyirányú változások módszere; a Box-módszer; a Hooke-Jeeves (pattern search)-módszer; a Rosenbrock-módszer; a gradiens típusú módszerek; a Newton-Raphson típusú módszerek; a kontrakciós módszerek, stb.

A Box-módszer (a szakirodalomban több néven is ismert: Spandley- vagy Hex-módszer, vagy az n -dimenziós szimplex módszere) [10]. Az n -dimenziós térben felépítünk egy $n+1$ csúccsal rendelkező szabályos csúcsok közötti egyenlő távolságú, szimplexnek nevezett alakzatot (például a háromdimenziós térben egy tetraédert stb.). Kiszámítjuk a Φ értékét a szimplex csúcaiban. A legnagyobb értéknek megfelelő csúcsot kicseréljük sorozatosan egy ellenkező irányú, ezzel szimmetrikus ponttal, egy új szimplexet alkotván. Ismételve a módszert, átugorjuk a már kiválasztott csúcsokat, szükség szerint a pontosítás céljából csökkentjük a szimplex oldalainak a méretét, és megkapjuk a megfelelő értékű csúcsot. A szakirodalomban megtalálhatók az n -dimenziós szimplex csúcsait és az új csúcs kiválasztását szolgáló kifejezések. A modell megoldásának lépései a következők:

- beolvassuk a változók számát (n), az n -dimenziós szimplex oldalainak kezdő méretét (a), a hibaküszöböt Φ becslésére (ϵ), a maximális iterációk számát (t)
- felépítjük a kezdő szimplex $V_1, \dots, V_i, \dots, V_{n+1}$ csúcsait a következőképpen:

$$V_i = V_i(x_i^1, \dots, x_i^j, \dots, x_i^n) \quad (3.3)$$

ahol

$$p = \frac{a}{n\sqrt{2}}(n-1+\sqrt{n+1}) \quad x_i^j = \begin{cases} 0 & \text{ha } i=1 \\ q & \text{ha } i+1 \neq j, i > 1 \\ p & \text{ha } i+1 = j, i > 1 \end{cases}$$

$$q = \frac{a}{n\sqrt{2}}(-1+\sqrt{n+1})$$

- kiszámítjuk a Φ értékét a szimplex minden csúcsában,
- kiválasztjuk a Φ legrosszabb (legnagyobb), még ki nem választott pontbeli értékét és megjegyezzük a megfelelő csúcsot
- kiszámítjuk az új szimmetrikus csúcsot a legrosszabb helyett (ez a legrosszabb csúcs képe lesz a többi csúcs tükrében), felhasználva a (3.4) képletet:

$$x_i^N = \left[\frac{2}{n} \left(\sum_{j=1}^{n+1} x_i^j - x_i^R \right) \right] - x_i^R \quad (i=1, \dots, n) \quad (3.4)$$

- ismételjük az algoritmust a 3. ponttól mindaddig, amíg valamely csúcsban $\Phi \leq \epsilon$ vagy az iterációk száma elérte a megadott t értéket,
- kiírjuk a csúcs koordinátáit, az elért Φ értéket, az elért iterációk számát, az ϵ, t, a értékeit.

Ha a megközelítés nem elfogadható, csökkentjük a szimplex a oldalának a méretét, és tovább folytatjuk a becslést a 3. ponttól kezdődően. A kiválasztott csúcsokat megjelöljük, és újra nem választjuk ki, szükségszerűen választván egy kevésbé rossz Φ értéknek megfelelő pontot.

Ismeretes, hogy a legtöbb egyenletrendszer-megoldó algoritmus igényli az egyenletek és a változók számának egyenlőségét. Ebből a szempontból a javasolt algoritmus használható akkor is, ha a változók száma különbözik az egyenletek számától és a modell ellentmondásmentes. Ha az egyenletrendszernek több megoldása is van, akkor a megadott algoritmus kiválasztja az egyiket. A gyakorlatban a több megoldásos egyenletrendszerek esetében legtöbbször szükségeszerű egy új kritérium (célfüggvény) bevitele, ami viszont a problémát az optimális rendszerek problémakörébe utalja át.

NUMERIKUS SZIMULÁCIÓ

A bemutatásban felhasználjuk a Kolozsvári Sapiientia Egyetem támogatásával 2004-ben végzett kutatási eredményt. Egy nemlineáris áramkör megoldását vázoltuk fel, a következő egyenletrendszerekből kiindulva:

$$\begin{cases} 4x^3 - y^3 - 3x^2y + 3xy^2 + y - 5 = 0 \\ 3x^3 + y^2 + x - 9 = 0 \end{cases} \quad (3.2.1.)$$

Felépítjük a (3.2) funkcionált:

$$\begin{aligned} \Phi &= F_1^2(x, y) + F_2^2(x, y) = \\ &= [4x^3 - y^3 - 3x^2y + 3xy^2 + y - 5]^2 + [3x^3 + y^2 + x - 9]^2 \end{aligned} \quad (3.2.2.)$$

A funkcionál minimalizálása céljából (ami egyenértékű az egyenletrendszer megoldásával) a Box-módszert használtuk a (0, 0) pontból kiindulva. A részeredmények a következő táblázatban találhatóak.

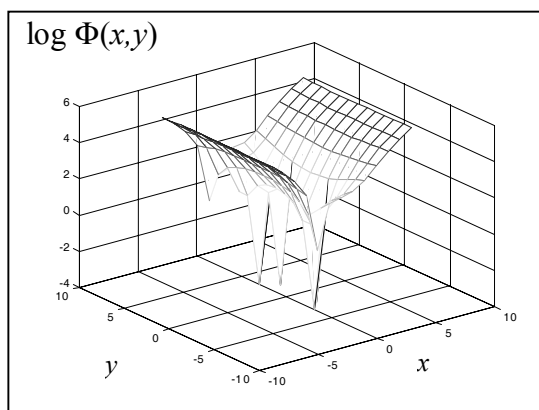
A szimuláció lépései:

1. sz. táblázat.

Iteráció	X	Y	Φ
$a = 2$	$p = 0,5174$	$q = 0,9314$	
1	0,0000	0,0000	106,000
2	0,5174	1,9314	617,781
3	1,9315	0,5174	48,840
4	-1,4140	1,4140	1488,000
5	1,9314	0,5174	617,781
$a = 0,1$	$p = 0,0965$	$q = 0,0258$	
1	0,5174	1,9314	48,840
2	0,6139	1,9572	672,117
3	0,5432	2,1279	48,140
4	0,4467	2,0021	60,460
5	0,6139	1,9572	37,680
6	0,6398	2,0538	36,137
7	0,7105	1,9831	26,774
8	0,7364	2,0797	24,699
9	0,8081	2,0090	16,475
10	0,8339	2,1056	14,277
11	0,9056	2,0349	7,711
12	0,9315	2,1316	5,924
13	1,0032	2,0609	1,712
14	1,0291	2,1578	1,023
15	1,1008	2,0871	0,227

Indulásként az $a = 2$ oldalú szimplexszel dolgoztunk, de mivel az eredmény már az 5. csúcsban ismétlődött, szükségeszerű volt az algoritmust a 3. csúcsból folytatni kisebb ($a = 0,1$) oldalú szimplexszel. Már a 15. iteráció után megkaptuk az $x = 1,1008$ és $y = 2,0871$ megoldást, amely csak egy kisebb a értékkel lenne tovább pontosítható. A Φ függvény grafikonján látható, hogy ez az értékpár a minimalizálási probléma egyik

megoldása. A Φ funkcionál minimalizálását ellenőrzésképpen megoldottuk a MATLAB programcsomag alapértelmezett algoritmusával is, amely 154 iteráció után adta meg az $x = 1,0831$ és $y = 2,0260$ eredményt.



1. ábra
A funkcionál grafikus ábrázolása

3.2. Példa a relaxációra

$$\omega = \frac{dV}{V} = \sum_{i=1}^n \frac{dx_i}{x_i} = const.$$

$$\omega_R = \frac{dV}{V} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \frac{dx_i}{x_i} = const. \Rightarrow \varepsilon_i = \pm 1$$

A harmonikus mozgás relaxációi

$$J\varepsilon'' + 2D\varepsilon' + t\varepsilon = M$$

$$J \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} + t \frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = \frac{M}{\varepsilon'} - 2D \Rightarrow$$

$$J = t = \frac{M}{\varepsilon'} - 2D$$

Termodinamikai rendszer relaxációja

$$dq = du + dw$$

$$\frac{dq}{q} = \frac{du}{u} + \frac{dw}{w}$$

$$\frac{u}{q} = \frac{w}{q} = 1 \Rightarrow$$

$$u = w = q$$

3.3. A levitáció, az alrendszerek kompozíciója

$$I = P - (dV/V) = P - \Omega = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i + a_i(dx_i/x_i)) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i + a_i^* \omega_i) \Rightarrow \Omega = P - 1 + \prod_{i=1}^n (1 - p_i + \Omega_i)$$

Ha egyes relatív változások nőnek, csökkenhet a tehetetlenség.

3.4. A kritikus pontok

$$\text{mod}\left(\frac{dx_i}{x_i}\right) \approx 0,1, 2, 3, \dots$$

Példa a Voltera-modell a ragadozó és a nem ragadozó halak túlélésére

$$\frac{dx}{x} = (A - \varepsilon) - By$$

$$\frac{dy}{y} = -(C + \varepsilon) + Dx \Rightarrow$$

$$y = \frac{A - \varepsilon}{B}$$

$$x = \frac{C + \varepsilon}{D}$$

4. SZAKIRODALOM

- [1] SZEL A., in Principle and Models for System Evolution, edited by Hungarian Technical Society of Transylvania International Conference of Computer Science and Energetic-Electrical Engineering-Oradea 2007, pp. 174-179, ISSN 1842-4546.
- [2] HAY KIN, S., in Adaptive Filter Theory, Prentice Hall 2001
- [3] RADU P. V. and ION V. S., in Sisteme Dinamice, Curs Institutul Politehnic din Bucuresti 1993
- [4] KALMAN R.E. and FALB P.L. and ARBIB M.A., in *Teoria sistemelor dinamice*. Editura Tehnică București, 1975
- [5] ZADEH L.A. and POLAK E. in *Rendszerelmélet*. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1972
- [6] IONESCU V. and VARGA A., in *Teoria sistemelor*. Editura ALL București, 1994
- [7] BELEA C., in *Teoria sistemelor. Sisteme neliniare*. Editura Didactică și Pedagogică București, 1985
- [8] BOURCEANU G. and GROSU I. and BELDIE C., in *Evoluție și autoorganizare în sisteme departe de echilibru*. Editura Tehnică București, 1989
- [9] XXX *CadetWin-99: CNN application development environment and toolkit under Windows*. Version 3.0. Budapest, Analogical and Neural Computing Laboratory, Computer and Automation Institute, Hungarian Academy of Science 1999
- [10] CURIEVICI I., in *Optimizări în industria chimică*. Editura Didactică și Pedagogică București, 1980
- [11] PIERCE R. G., in *Solution Methods for Nonlinear Models*. University of Surrey 1997
- [12] SZÉL A., in *Perfecționarea modelelor de prognoză* București, Comisia Națională de Informatică, contract nr.257/1994 Bucuresti 1994
- [13] SZÉL A. and GACSADI A. and KAKAS S., in *Általános rendszermodell fejlesztése az inercialitás függvényében és alkalmazásai Kolozsvár Sapientia Alapítvány, (K/449-2003. contract)* 2004
- [14] ANOSOV D. V. and ARNOLD V.I., in *Dynamical Systems I. 1988, Springer-Verlag, Berlin, Heideberg, New York, London, Paris, Tokio*.
- [15] ARNOLD V. I., in *Dynamical Systems III (Mathematical Aspects of Classical and Celstial Mechanics)*, 1988, Springer-Verlag, Berlin, Heideberg, New York, London, Paris, Tokyo.
- [16] ARNOLD V. I. and NOVIKOV S.P. in *Dynamical Systems IV. Symplectic Geometry and its Applications*, 1990, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong.
- [17] BELTRAMI E., in *Mathematics for Dynamic Modeling*, 1999, Academic Press, INC. Boston, Orlando, San Diego, New York, Austin, London, Sydney, Tokyo, Toronto.