

Alternatív motorhajtó anyagok – I.

A repceolaj

Barabás István¹, Dr. Csibi Vencel-József¹, Barabás Éva²

¹Kolozsvári Műszaki Egyetem, Románia

²SINCRON Kiadóvállalat, Kolozsvár, Románia

Abstract

The fossil energy carriers and the environmental pollution urge the specialists to find alternative for substituting them, searching new types of energy sources. Undoubtedly, this is a long process, which supposes of this kind of fuels.

This article series intends to overview the most essential alternatives, concerning especially the pollution characteristics.

1. Bevezető

A fosszilis energiahordozók véges volta, valamint az általuk okozott egyre nagyobb mértékű környezet-szennyezés arra ösztönzi a szakembereket, hogy alternatívát keressenek ezek helyettesítésére, új típusú energiaforrások felkutatására vállalkozva.

A jelenlegi kihasználás mellett a Föld ásványolaj tartaléka megközelítőleg 2230-ban merül ki. Figyelembe véve azonban ennek növekvő trendjét, ami kb. évi 5%-ra tehető, már 2040-re bekövetkezhet az ásványolajok hiánya. E határidő becslésénél figyelembe kell venni azt is, hogy a szakemberek hatalmas erőfeszítéseket tesznek újabb tartalékok feltárására, a mélytengeri és óceáni ásványolaj-tartalékok feltérképezésére és kitermelésére, a meglévők hatékonyabb kitermelésére, bár növekvő bányászati költségekkel és egyre távolabb a feldolgozó ipartelepektől [1].

Elfogadott tény, hogy a jelenlegi hajtóanyagokat helyettesíteni kell egy új típusú energiahordozóval, ami ugyanakkor gazdaságos, környezetbarát¹, de elsősorban *megújuló* vagy *újratehermelhető* racionális határidőn belül.

Az átmenet talán már meg is kezdődött, hisz különböző energiaellátású gépjárművek már sokfelé futnak és ezek infrastruktúrája is kiépült néhány kísérleti megoldás gyakorlati kihasználásának tanulmányozására (lásd biodiesel Magyarországon, Németországban, Franciaországban stb., földgáz Magyarországon, Angliában, Németországban, a 80-as években Romániában is stb.).

Az alternatív motorhajtó anyagokat a következő főbb osztályokba csoportosíthatjuk:

- bio-üzemanyagok:
- biodiesel,
- bioalkohol,
- földgáz,
- tüzelőanyag-cella,
- hibrid (vegyes) hajtások.

Kétségtelen, hogy ez az átállás aránylag hosszú folyamat, ami feltételezi az új típusú hajtóanyagok² alkalmazásának sokrétű és ugyanakkor összetett szakmai szempontok szerinti vizsgálatát. A legfontosabb vizsgálati szempontokat az 1. táblázatban foglaltuk össze.

¹ Először 1986-ban, a párizsi autókiállításon fogalmazódott meg – 6/4-es arányban – hogy a környezet szennyezésének csökkentése fontosabb feladat, mint a fajlagos tüzelőanyag fogyasztásé.

² Az energiaválság idején, a 70-es években, de a korábbi háborús időkben egyaránt foglalkoztak a kutatók az alternatív hajtóanyagok feltárásával.

1. táblázat

Az alternatív motorhajtó anyagok főbb vizsgálati szempontjai

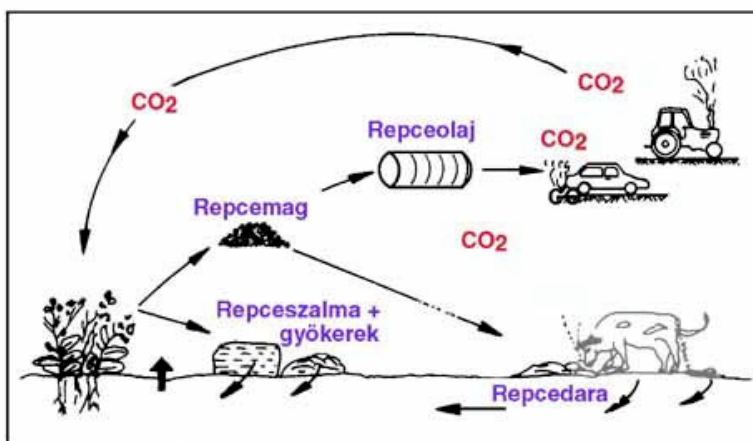
Műszaki szempontok	Politikai szempontok	Környezeti szempontok
<ul style="list-style-type: none"> – előállítási (átalakítási) ráfordítások – tankolás gyakorlati megoldása – üzemanyag oxidálódás – veszélyesség – tárolás – kenőolaj minőségi változása – lerakódások mértéke – ülepedés – hatótávolság – fűtőérték – hatásfok 	<ul style="list-style-type: none"> – szociális szempontok – részleges önellátás – energiaimport csökkenés 	<ul style="list-style-type: none"> – gázemisszió – részecskeemisszió – talajszennyezés

2. A biodiesel

A bio-üzemanyagok két alcsoportja a biodiesel és a bioalkohol. Az előbbi nyersanyagforrásai a növényi olajok, amelyek alkalmazását főleg Európa szorgalmazza, az utóbbit szénhidráttartalmú növényi termékekből lehet nyerni és az amerikai földrészen részesítik előnyben [3].

Rudolf Diesel, a róla elnevezett motor megteremtője, már a kezdetekkor megjósolta, hogy a diesel-motorok növényi eredetű olajokkal is működtethetőek lesznek, sőt 1900-ban, a párizsi világkiállításon bemutatott egy mogyoróolajjal működő motort. A XX. század első felében a Deutz cég már sorozatban gyártott növényi olajokkal működő motorokat, de mivel az égéstéri lerakódásokat nem sikerült akkoriban elfogadható szintre csökkenteni, így alábbhagyott a tudományos érdeklődés is.

A biodiesel előállítására elvben bármely növényi olaj alkalmas. 1943-ban Jamieson több mint 350 olaj-növényt azonosított, amelyekből a kivonható olaj tüzelőanyagként hasznosítható a belsőégésű motorokban. Később Duke és Bagby ezt a listát 70-re csökkentette, legfőbb szempontként a termésátlagot véve figyelembe (minimálisan 200 kg/ha) [5]. Manapság a biodiesel-iparág nyersanyagforrása Európában a repce és a napraforgó, az USA-ban a szója és a napraforgó, Kanadában a repce és a fenyőpulp-gyanta (tall-oil) [4].



1. ábra

A megújuló tüzelőanyagok felhasználási és újratermelőési körfolyamata

A növényi olajokat dieselmotorok működtetésére csak tisztított, gyantamentes állapotban lehet felhasználni. A biodiesel legfontosabb előnye, hogy újratermelhető (1. ábra). A repce termelési költsége energetikailag csak 11 %-ot tesz ki, észterezése vagy adalékolása pedig újabb 6 %-ot, tehát összesen 17 %, ami jó kihasználási arányt jelent [5].

A repceolaj, mint alternatív motorhajtó anyag egy közel 100 éve elkezdődött kísérletsorozat tárgya, ám a létjogosultság hiánya, valamint a vizsgálandó szempontok sokasága nem tette lehetővé ezek széleskörű al-

kalmazását. Bár mind a szakemberek, mind a politikusok álláspontja olykor ellentmondásos a repceolaj tüzelőanyagként való hasznosítását illetően [2], ilyen irányú kutatások világszerte folynak: Magyarországon egy 10 éves kormányprogramot javasoltak, amely eredményeként 2010-re körülbelül 170 ezer tonna biodieselt állítanak elő az ország 80-100 kistérségében, az ehhez szükséges repcét pedig mintegy 300 ezer hektáron termesztik majd; Németországban már korábban indult hasonló kormányprogram, melynek részeként például Dr. S. Maurer, a Stuttgart–Hohenheimi Mezőgazdasági egyetem kutatója, arra vállalkozott, hogy bebizonyítsa, egy megfelelően nagy mezőgazdasági területtel rendelkező gazdaság biztosítani tudja a saját erőgépeinek működtetéséhez szükséges repceolajmennyiséget. Egy augsburgi kutatóintézet igazgatója több mint három éve jár Mercedes típusú személygépkocsijával kizárólag adalékolt repceolajjal.

A repceolaj motorikus felhasználására jelenleg többféle lehetőség kínálkozik, ezek közül a fontosabbak a következők:

- hidegen sajtolt nyers repceolaj,
- hidegen sajtolt nyers repceolaj gázolajjal vagy kerozinnal keverve (BDH-1),
- hidegen sajtolt nyers repceolaj adalékolva (ADR, Schur-féle adalék),
- extrahált repceolaj észterezve (RME).

A fentiekben felsorolt repceolaj-származékok, valamint a kereskedelmi gázolaj fontosabb fizikai és kémiai jellemzőit a 2-es számú táblázatban összesítettük.

2. táblázat

A repceolaj és a gázolaj fontosabb fizikai és kémiai jellemzői

Sorszám	Jellemzők	Gázolaj	RME	ADR	BDH-1
1	Külső	átlátszó	átlátszó	átlátszó	átlátszó
2	Üledék, (töm. %)	0,005	nincs	nincs	–
3	Víztartalom, (töm. %)	0,025	mentes	mentes	mentes
4	Lepárlási próba, (°C)	370	340–351	316	350
5	Viszkozitás 20 °C-nál, (mm ² /s)	2,5–8	8,7–11,6	23,7	19,6
6	Dermedéspont, (°C)	0–10	-15	-5	–
7	Hidegszűrhetőség	0	–	–	-14
8	Lobbanáspont nyílttéri zárttéri	51 40	185–194 52–74	73 46	– 61
9	Kéntartalom, (töm. %)	0,2	0,01	0,05	0,08
10	Rézlemezpróba	1b	elszíneződik	1b	–
11	Conradson szám	0,2	0,11–0,16	1,1	0,30
12	Savszám, (mgKOH/g)	–	0,18–0,35	760*	
13	Elszapp. szám, (mgKOH/g)	–	184	147	111,8
14	Fűtőérték, (MJ/kg)	42,7	36,4	36,2	–
15	Cetánszám	42–45	48	45	48,78**
16	Sűrűség 20°C-nál, (kg/dm ³)	0,815 – 0,860	0,876 – 0,884	0,882	0,882

* – mgKOH/100 cm³; ** – számított érték.

Összehasonlítva a gázolaj és a repceolaj kémiai elemekre bontott összetételét (3. táblázat), megállapítható, hogy a repceolaj bár szegényebb szénben és hidrogénben – minek folytán energiatartalma is kisebb mint a gázolajé, de oxigéngazdag, kén- és nitrogéntartalma pedig gyakorlatilag nulla – teljesebb égést és kisebb károsanyag-kibocsátást eredményez, kiküszöbölve a kén alapú lerakódásokat is.

3. táblázat

A gázolaj és a repceolaj kémiai elemekre bontott összetétele, %-ban kifejezve

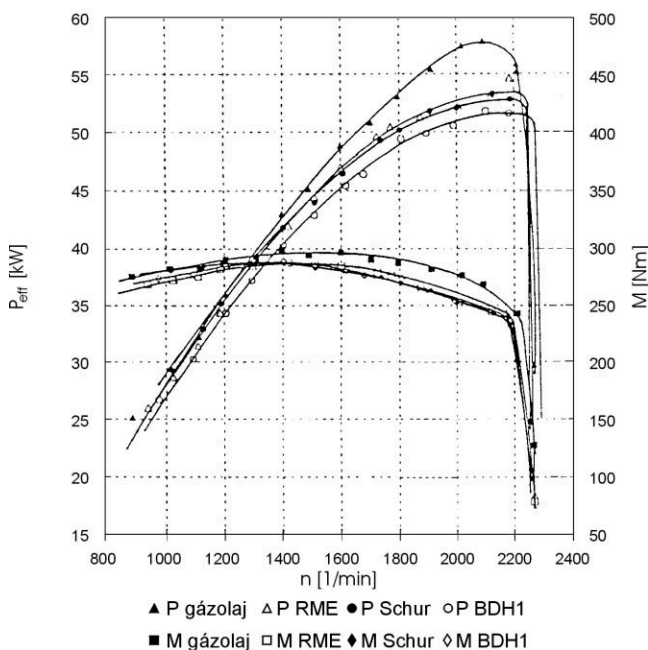
Kémiai elem	Gázolaj	Repceolaj
Szén	87,13	78,15
Hidrogén	12,63	11,84
Oxigén	0,0	10,01
Kén	0,24	0,0
Nitrogén	0,0	<0,01 (0)

3. Kísérleti kutatások

A kísérleti kutatásokat egy 58,8 kW-os (80 LE) diesel motoron végeztük, 1000, 1400, 1800, 2200/min fordulatszámokon és 25, 50, 75 és 100 %-os terhelés mellett, egy 50 órás motorféktermi vizsgálati terv szerint. Kutatásaink az *energetikai jellemzők* (teljesítmény, nyomaték, tüzelőanyag-fogyasztás), a *motorállapot* (kopás, dugattyútisztaság) és a *károsanyag-kibocsátás* (CO, NO_x, C_mH_n, füstölés) összehasonlító méréseire terjedtek ki.

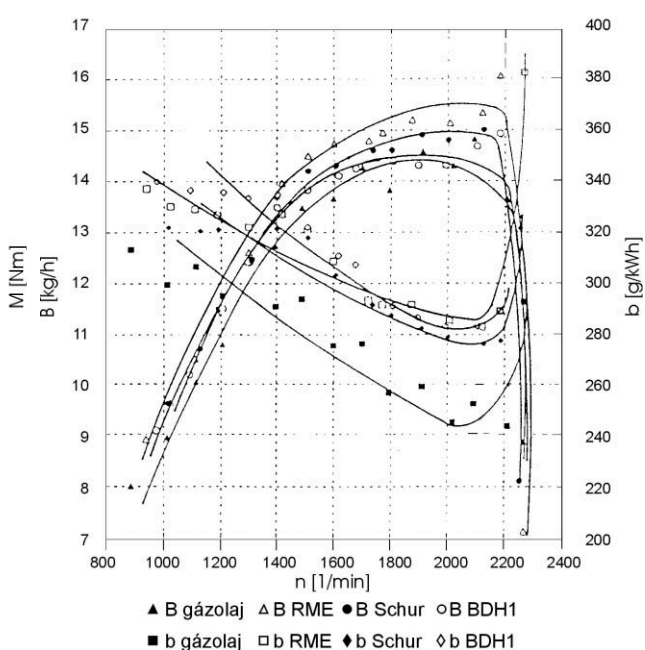
3.1. A teljesítmény, nyomaték és a tüzelőanyag-fogyasztás mérése és értékelése

A méréseket egy számítógéppel irányított motorfékpadon végeztük. Az 50 órás motorfékpad vizsgálat eredményeit 100 %-os motorterhelés esetén a 2. és 3. ábrákon mutatjuk be.



2. ábra

A teljesítmény és a nyomaték változása különböző tüzelőanyagokkal



3. ábra

A tüzelőanyag-fogyasztás változása különböző tüzelőanyagokkal

Kísérleti kutatásaink eredményeit a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat

A mért energetikai jellemzők összefoglalása és értékelése

Mért vagy számított mennyiség	Jelölés és mértékegység	Vizsgált tüzelőanyag			
		Gázolaj	RME	ADR	BDH-1
Óránkénti tüzelőanyag-fogyasztás, az ennek megfelelő fordulatszám és az eltérés	B, [kg/h]	14,4	15,6	15,0	14,5
	n, [1/min]	2080	2080	2000	1900
	%	—	8,33	4,16	0,70
Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás, az ennek megfelelő fordulatszám és az eltérés	b, [g/kWh]	243	286	276	280
	n, [1/min]	2015	2100	2080	2300
	%	—	17,69	13,58	15,22
Maximális teljesítmény, az ennek megfelelő fordulatszám és az eltérés	P, [kW]	58	53,7	53	52
	n, [1/min]	2080	2180	2180	2160
	%	—	7,41	8,62	10,34
Maximális nyomaték, az ennek megfelelő fordulatszám és az eltérés	M, [Nm]	290	270	270	270
	n, [1-min]	1540	1400	1400	1400
	%	—	6,89	6,89	6,89

Mindhárom hajtóanyag a kísérlet egész időtartama alatt üzembiztos volt. A jelleggörbék értékelése során a következőket állapíthatjuk meg:

- a jelleggörbék mindhárom hajtóanyaggal való üzemeltetés során követik a gázolajjal való üzemeltetésnél kapott görbét, azaz gyakorlatilag azonos paramétereket mutatnak,
- az energetikai jellemzők negatívan alakulnak, például a teljesítmény 7,41 – 10,34%-kal kisebb, mint a gázolaj esetében, ami elsősorban a vizsgált tüzelőanyagok alacsonyabb fűtőértékéből adódik; ez a különbség a többi jelleggörbénél is látható.

3.2. A motorállapot értékelése

Az összehasonlító kísérleti eredmények csak a repcemetilészterrel (RME) és az adalékolt repceolajjal (ADR), illetve kereskedelmi gázolajjal működtetett motorra vonatkoznak két szempontot követve figyelemmel: a kopást és a dugattyútisztaságot.

A súrlódó alkatrészek motorfékpadi kopásvizsgálatát a hengerperselyek és a dugattyúgyűrűk bemérése előzte meg, ami a következőkre terjedt ki:

- hengerpersely átmérő,
- kompressziós dugattyúgyűrűk radiális és axiális mérete, véghézag és oldalhézag, valamint tömege.

Az 50 órás vizsgálat átlagait az 5. táblázatban összesítettük.

5. táblázat

A kopásvizsgálat összesített eredményei

Mért alkatrészek	Mért mennyiségek	Mértékegység	Vizsgált üzemanyag		
			RME	ADR	Gázolaj
Kopásérték					
Hengerpersely	Felső fordulópont	mm	0,012	0,010	0,012
	Alsó fordulópont	mm	0,007	0,009	0,008
Dugattyúgyűrű	Radiális	mm	0,026	0,036	0,017
	Axiális	mm	0,010	0,006	0,014
	Véghézag	mm	0,44	0,13	0,17
	Oldalhézag	mm	0,022	0,025	0,018
	Tömegveszteség	g	0,077	0,056	0,108

A táblázatból kitűnik, hogy a legkisebb kopást a hidegen sajtolt nyers, adalékolt repceolaj használata eredményezte, megelőzve a gázolajat és a RME-t, ami elsősorban a tüzelőanyag jobb kenési tulajdonságainak tudható be. Figyelembe véve azonban a két legjellemzőbb kopásmutatót (a hengerpersely felső fordulóponti kopását és az első kompressziógyűrű tömegveszteségét), a sorrendet a következőképpen állapíthatjuk meg:

1. hidegensajtolt adalékolt repceolaj (ADR),
2. repcemetilészter (RME),
3. gázolaj (kereskedelmi).

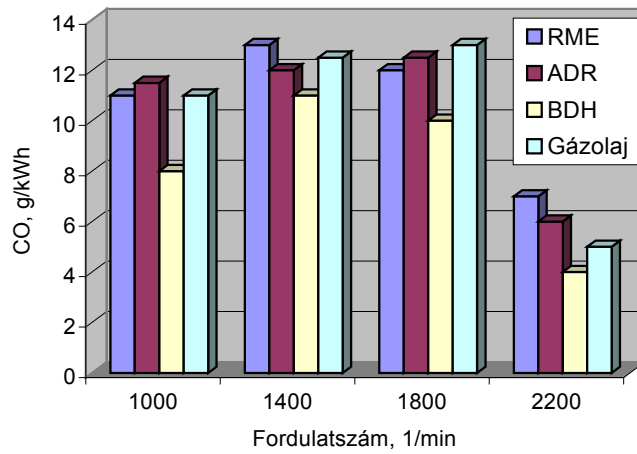
A dugattyútisztaság értékelése a fékpadi olajminősítő kísérleteknél alkalmazott DEF 2101 D módszer szerint a következőkre terjedt ki: gyűrűbesülés, dugattyúkorona belső lerakódása, koronabemaródás, olajlehzúzógyűrű eltömődése, dugattyúszoknya külső lerakódása és a dugattyúgátak lerakódása. A módszer lényege a dugattyú különböző felületrészein észlelt lerakódások és elváltozások osztályozása egy 10-es skálán, melynek eredménye összehasonlításra került az optimum, 100 pont értékű mutatóval. A kialakult sorrend a következő:

1. repcemetilészter (RME) 96,1
2. gázolaj (kereskedelmi) 95,4
3. hidegensajtolt adalékolt repceolaj (ADR) 94,3

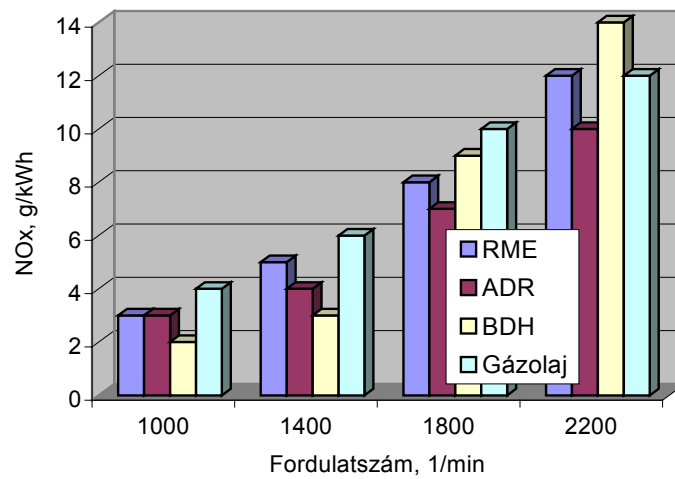
Mivel az értékszámok alapján az eltérések minimálisak, a minőségi sorrend nem tekinthető meghatározó jellegűnek a dugattyútisztaság szempontjából.

3.3. A károsanyag-kibocsátás mérése és értékelése

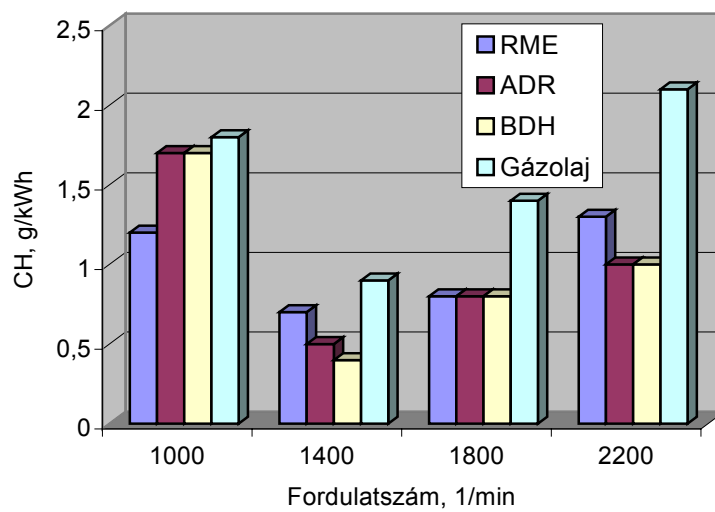
A motorfékpadi kísérletek során mért károsanyagok a CO, NO_x, C_mH_n és a füstölés mértéke voltak. A füstölésmérés mintáinak kiértékelése Bosch fényelnyelést mérő berendezéssel történt. A négy terhelési állapotban (25 %, 50 %, 75 % és 100 %) végzett mérések közül, a 100 %-os terhelésnél mért károsanyag-kibocsátás méréseredményeit a 4. ábrán mutatjuk be.



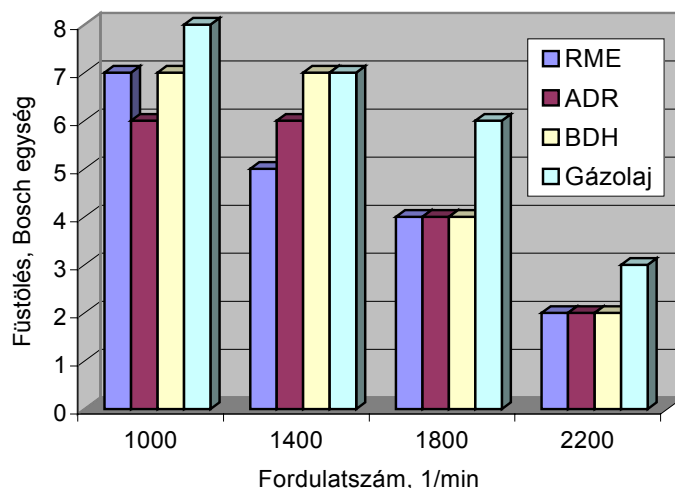
a).



b).



c).



d).

4. ábra

A motor károsanyag-kibocsátása különböző tüzelőanyagokra, 100%-os terhelésre vonatkoztatva

Értékelve a 4. ábrán bemutatott mérési eredményeket, a vizsgált motor üzemi fordulatszám-tartományában a gázkomponensek koncentrációi és a füstölés vonatkozásában általában alacsonyabb szinten találhatók, minősítési sorrend azonban nem állapítható meg.

4. Összefoglalás

A megújuló alternatív motorhajtóanyagok belátható időn belül átveszik a fosszilis energiahordozók helyét. A repceolaj csak egy az alternatívák közül, ám legközelebb áll a gázolaj fizikai és kémiai jellemzőihez, különösebb motorszerkezeti átalakítások nélkül alkalmazható, jelentősége elsősorban a következő évtizedekben lesz meghatározó.

Az energetikai jellemzők negatív alakulása elsősorban mezőgazdasági erőgépek tüzelőanyag-ellátására ajánlja, közúti gépjárműmotoroknál csak a teljesítmény és a rugalmassági tényező megfelelő mértékű növelésével lesz alkalmas.

Mivel nem volt lehetőségünk az összes vizsgálati szempontot figyelembe venni, ezért nem vállalkozhatunk egy minőségi sorrend megállapítására a vizsgált három repceolaj-alapú tüzelőanyagra vonatkozóan.

5. Irodalom

- [1] Werner István: Beszélgetés Dr. Emőd István docenssel, a BME . VMAX, 2002/5, 81 old.
- [2] Győri Béla: Bioblöff és a biodizel. Magyar Fórum, 2000. február 13.
- [3] Sági Ferenc: Mezőgazdaságunk útja az Európai Unióba 1. Energiahasznosítás a mezőgazdaságban. Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ, Budapest, 2000.
- [4] Sági Ferenc: Mezőgazdaságunk útja az Európai Unióba 5. Újratermelődő természetes nyersanyagok az Európai Unióban. Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ, Budapest, 2000.
- [5] Băţaga, N., Burnete, N., Barabás, I.: Motoare cu ardere internă: combustibili, lubrifianti, materiale speciale pentru autovehicule, economicitate, poluare. Kolozsvár, U.T. PRESS Könyvkiadó, 2000.

A Magyar Keleti Vasút Nagyvárad–Kolozsvár–Brassó fővonala és a hozzácsatlakozó szárnyvonalak

Dr. Horváth Ferenc¹, Dr. Kubinszky Mihály²

¹ny. MÁV mérnök, főtanácsos, ²ny. egyetemi tanár

(folytatás a Műszaki Szemle előző számából)

Abstract

Ferenc Horváth's book presents the evolution of the Transylvanian railway network and the related developments. We publish fragments of this book on the pages of the Technical Review. This paper presents the buildings pertaining to the Eastern Railway.

4. Vasúttársaságok építkezései a Bánságban

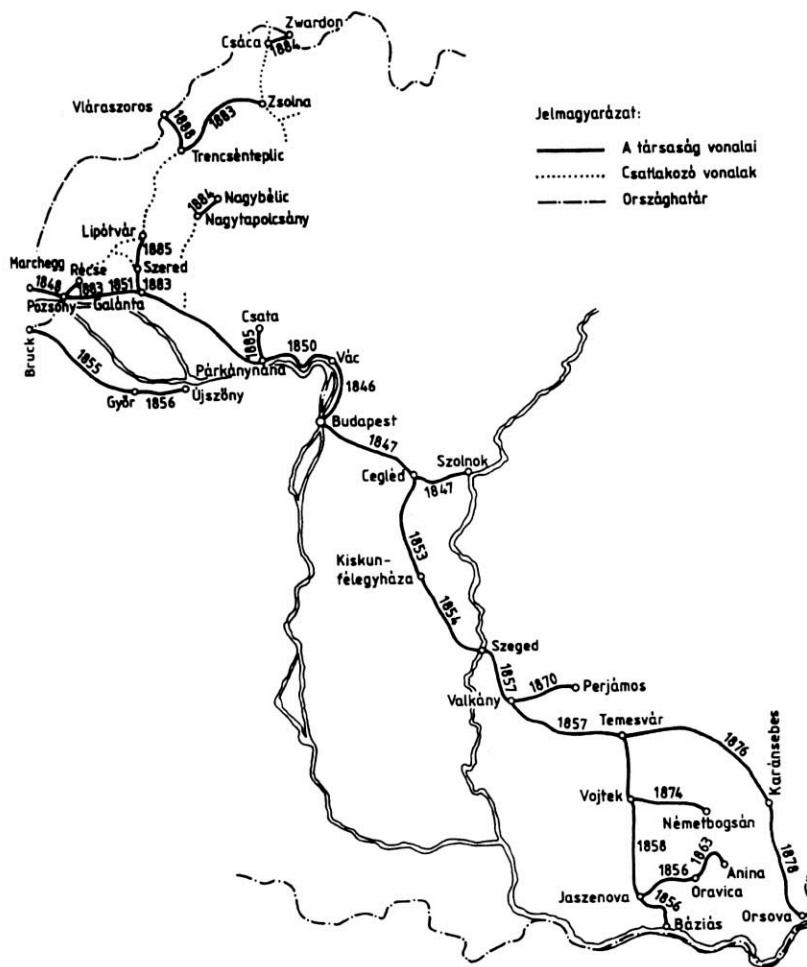
Magyarországnak Bánság vagy Bánát néven nevezett része népességi, földrajzi és közigazgatási értelemben is az ország egyik különleges területe volt. Az országrészt a Maros, a Tisza és a Duna folyók, valamint a Krassó–Szörényi hegyek határolták, területének nyugati része termékeny síkság, keleti fele bányakincsekben és erdőségekben gazdag helyvidék. Területét magyarok, svábok, románok, szerbek, bolgárok vegyesen lakták. Közigazgatásilag hol katonai határőrvidékként, hol vármegyékre felosztva igazgatták. Székhelye, központja Temesvár volt.

A Bánság fővonalainak nagyobb részét (582 km-t) az Osztrák Államvasúttársaság, 55 km-t az Arad-Temesvári Vasúttársaság építette. A MÁV egyetlen, mindössze a 8 km hosszú Perjámos–Varjas vonalat helyezte üzembe, a kiterjedt mellékvonali hálózatot pedig a helyi érdekű vasúttársaságok hozták létre.

4.1. A cs. kir. szab. Osztrák Államvasúttársaság vonalai

A francia, német és osztrák tőkével (főrésztvényes a Credit Mobilier volt) 1855-ben megalakított magán vasúttársaság, a cs. kir. szab. Osztrák Államvasúttársaság (OÁVT, osztrák néven StEG) az Osztrák Délkeleti Államvasúttól a már üzemben lévő Pozsony–Pest–Szeged, valamint építés alatt álló vonalakat vásárolt meg. Ezek építésük befejezte után összefüggő hálózatot alkottak Magyarország területén a nyugati országhatártól, Pozsonytól, a fővároson át a délkeleti határig, az Al-Dunáig. A vasúttársaság 1890. évi államosításáig építkezett a Dunántúlon, a Felvidéken és az ország délkeleti részén is (46. ábra).

Az első vasútvonalakat Erdély területén is, illetve a Bánság keleti részén ez a társaság helyezte üzembe. A társaság 1855 januárjában vásárolta meg az építés alatt álló Szeged-Temesvár, Karasjeszenő (Jassenova)–Báziás, Karasjeszenő–Anina vasútvonalakat, valamint az osztrák kincstárnak a Bánságban Resica és Anina körzetében lévő gyárait, bányáit, uradalmait és erdőségeit (47. ábra). A társaságot a kincstártól megvett egyéb nagy vagyona is kényszerítette a vasútépítésre, mert bányászati, ipari és erdészeti termékeinek szállításához gazdaságosan működő közlekedési eszközre volt szüksége. A társaság a vasútépítések költségeinek fedezetéül részvényeket bocsájtott ki (48. ábra). A már korábban megkezdett fővonal építéseket a társaság gyors ütemben befejezte és 1856-1858. évek között a Báziás-Karasjeszenő-Oravica (62 km), a Szeged-Temesvár (112 km), a Temesvár-Karasjeszenő (94 km), 1863-ban az Oravica-Anina (33 km), majd néhány évi szünet után 1870-ben a Valkány-Perjámos (43 km), 1874-ben a Vojtek-Németbogsán (47 km), 1876 és 1879. évek között a Temesvár-Karánsebes-Orsova-országhatár (191 km) vonalakat helyezte üzembe.



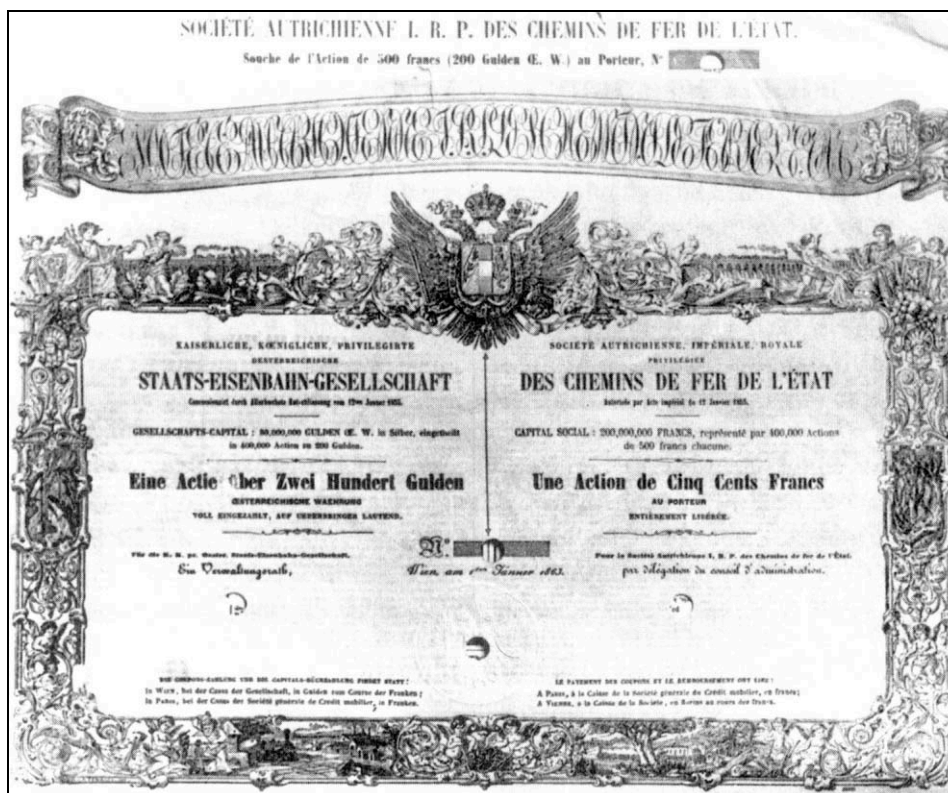
46. ábra

A cs. kir. szab. Osztrák Államvasúttársaság vasútvonal építései Magyarországon



47. ábra

Az Osztrák Államvasúttársaság dél-magyarországi uradalma



48. ábra

*A cs. kir. szab. Osztrák Államvasúttársaság
200 Guldenes, azaz 500 Frankos részvénye*

4.1.1. Szeged-Temesvár-Báziás vasútvonal építése

A vasútvonalnak csak a középső, Zombolya–Temesvár–Temesmóra közötti szakasza került 1920 után a román vasúthoz. A vonal északi és déli részét a jugoszláv vasút kapta meg.

A Szeged-Temesvár közötti vasútvonalat 1857. november 15-én nyitották meg, de a végleges szegedi Tisza-híd csak egy évvel később, 1858. december 2-án adták át a forgalomnak. Addig a vasút forgalmát azon a fából készült ideiglenes hídon vitték át, amelyet az anyag- és munkavonatok közlekedése érdekében már korábban megépítettek.

A vasútvonal déli részén a Báziás-Karasjeszenő szakaszt jóval előbb, 1856. november 1-jén, a Karasjeszenő-Temesvár szakaszt pedig 1858. augusztus 30-án helyezték üzembe. A vasút síkvidéken épült, a pálya emelkedője csak néhány helyen érte el az 5 %-ot, az ívsugarak is nagyok voltak, 600-1000 m között változtak. Így kevés földmunkát kellett végezni az alépítmény kialakításához. A nyomvonal egyetlen különleges szakasza a kiindulási pont után, Szeged és Újszeged között a tiszai áthidalás. A hídra felvezető pálya Szeged személy-pályaudvar közelsége miatt 100°-os szögben hajló, 280 m sugarú ívben és 9 %-os emelkedőben feküdt. A hidat már az építéskor kétvágányúra készítették. Később a második vágányt Szeged Rendező és Szőreg között is megépítették.

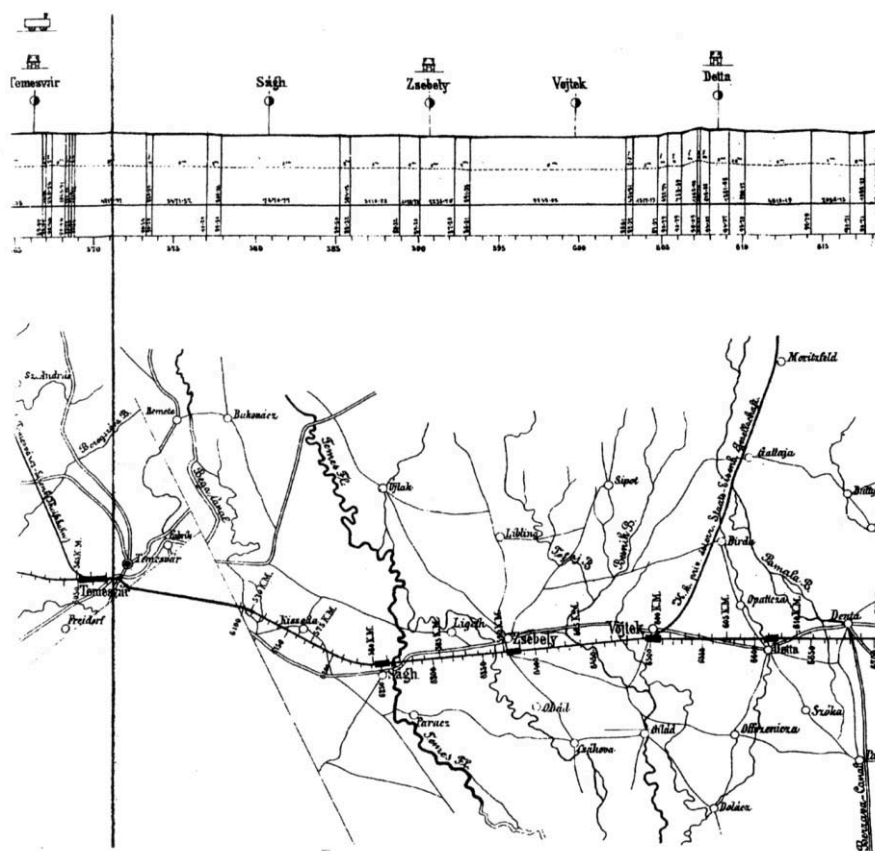
A vasútvonal legnagyobb hídja a 439,3 m hosszú szegedi Tisza-híd lett, amelynek a medert áthidaló része 8x41,2 m nyílású vasszerkezet, jobb parti része kétnyílású boltozatsor volt. Ezen kívül átereszek és néhány közepes méretű vashíd épült: az Aranka patakánál (10,0 m), a Begán (119,10 m), a Bega csatornán (41,43 m), a Temesen Sághnál (2x29,18+1x35,57 m) és Zsebelynél (8x9,48 m), a Berzován (3x9,48 m), a Moravicán (2x9,48 m) a Kis-Karason (2x9,48+1x23,70 m) és a Nagy-Karason (6x9,48 m).

A vasút felépítményét többfajta, 5,69–6,00 m hosszú 32,6–37,0 kg-os vassínekből fektették, amelyeket a századfordulótól kezdve 33,25 kg-os, majd 42,8 kg-os acélsínekkel cseréltek ki.

A vasútvonal (49. ábra) nagyobb állomásai: Szőreg, Valkány, Nagyikinda, Temesvár–Józsefváros, Temesvár–Gyárváros, Vojtek, Versec, Karasjeszenő (Jassenova), Fehértemplom és Báziás voltak. Báziáson az Al-Duna partján hosszú átrakó állomást építettek (50. ábra).

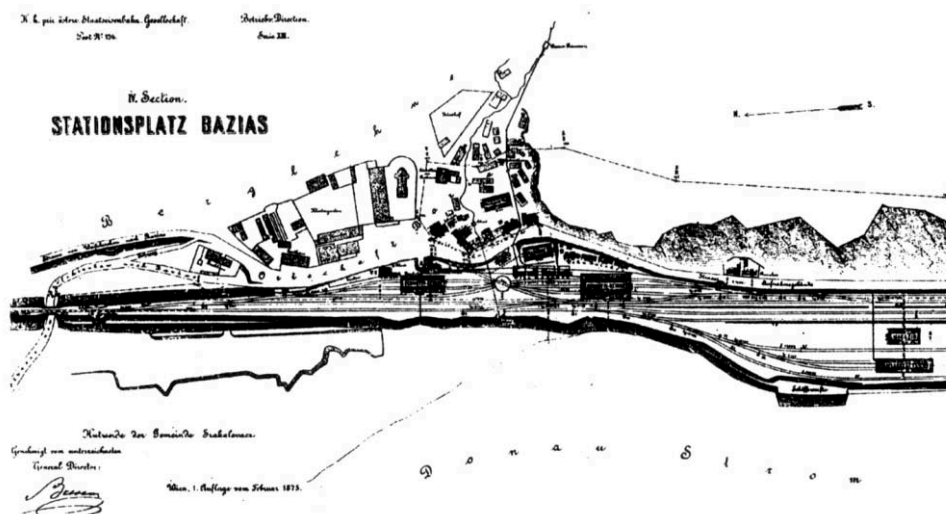
Az Osztrák Államvasúttársaság fővonalából később több vonalat ágaztattak ki Perjámos, Németbogsán és Anina felé.

Az 1861. évi menetrend alapján a személyszállító vonatok az utat Szegedtől Temesvárig 3 óra, Szegedtől Báziásig 6 óra 20 perc alatt tették meg (51. ábra).



49. ábra

A vasútvonal Temesvár-Báziás közötti szakaszának helyszínrajza



50. ábra

Báziás átrakó állomás vágányai az Al-Duna mellett

K. k. priv. österr. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft.

Aenderung der Fahrordnung auf der südöstlichen Linie.

Einführung von Eilzügen

von Pest nach Bazias und von Szegedin nach Pest.

Zweimal in der Woche

Dauer der Fahrt: { Von Wien nach Bazias 18 St. 18 Min.; von Bazias nach Wien 18. St. 47 Min.
 { Von Wien nach Constantinopel 90 1/2 St.; von Constantinopel nach Wien 101 St.
In Verbindung { mit den täglichen Eilzügen zwischen Wien und Pest, und mit den in Bazias einlaufenden und
 { von dort abgehenden Eilschiffen der unteren Donau und des schwarzen Meeres.
 Giltig vom 6. Mai 1861 angefangen bis auf Weiteres.

Fahrordnung.

Stationen	I. Eilzug von Wien bis Pest täglich	Stationen	Nr. 24 gemischter Zug von Bazias bis Temesvár täglich	Nr. 2 Personenzug von Bazias bis Temesvár nach Erforderniß täglich
Wien	Abfahrt 2 U. — M. M.	Bazias	Abfahrt 5 U. — M. M.	7 U. 5 M. Ab.
	Ankunft 8 „ 22 „ Ab.	Weißkirchen	5 „ 34 „ „	7 „ 26 „ „
		Jassenova	6 „ 13 „ „	7 „ 48 „ „
Pest	Von Pest bis Bazias Montag und Donnerstag	Bersecz	7 „ 1 „ Ab.	8 „ 27 „ „
	Abfahrt 9 U. — M. Ab.	Moravicza	7 „ 43 „ „	8 „ 57 „ „
		Delta	8 „ 19 „ „	9 „ 21 „ „
Steinbruch	—	Isébely	9 „ 1 „ „	9 „ 48 „ „
Vecsés	—	Saagh	9 „ 25 „ „	10 „ 5 „ „
Illó	—	Temesvár	Ankunft 9 „ 55 „ „	10 „ 26 „ „
Monor	10 U. 3 M. Ab.		Abfahrt 10 U. 35 Min. Abends	
Pilis	—	Szajalháza	10 „ 48 „ „	
Alberti-Jrsa	—	Syertyamos	11 „ 11 „ „	
Szegled	Ankunft 10 U. 54 M. Ab.	Szafeld	11 „ 34 „ „	
Nagy-Kőrös	Abfahrt 10 „ 56 „ „	Gr. Kifinda	12 „ 5 „ Nachts	
Kecskemet	11 U. 44 M. Ab.	Mofrin	12 „ 23 „ „	
P. Pata	—	Oroszlamos	12 „ 56 „ „	
Szegyhaza	—	Sjörg	1 „ 18 „ „	
P. Peteri	—		Ankunft 1 „ 33 „ „	
Kisfelek	—			
Szatmaly	—	Szegedin		
Szegedin	Ankunft 1 U. 43 M. M.		Nr. 2 Personenzug	II. Eilzug von Szegedin bis Pest Mittwoch und Freitag
	Abfahrt 1 „ 58 „ „		2 U. — M. Fr.	1 U. 43 M. Fr.
Sjörg	—	Szatmaly	2 „ 29 „ „	
Oroszlamos	2 U. 37 M. M.	Kisfelek	2 „ 58 „ „	
Mofrin	—	P. Peteri	3 „ 26 „ „	
Gr. Kifinda	3 U. 30 M. Fr.	Szegyhaza	3 „ 54 „ „	3 „ 8 „ „
Szafeld	3 „ 59 „ „	P. Pata	4 „ 19 „ „	
Syertyamos	—	Kecskemet	4 „ 44 „ „	3 „ 46 „ „
Szajalháza	—	Nagy-Kőrös	5 „ 13 „ „	
Temesvár	Ankunft 4 U. 58 M. Fr.	Szegled	Ankunft 5 „ 44 „ „	4 „ 30 „ „
	Abfahrt 5 „ 12 „ „		Abfahrt 6 „ 5 „ „	4 „ 35 „ „
Saagh	—	Alberti-Jrsa	6 „ 41 „ „	
Isébely	—	Pilis	6 „ 54 „ „	
Delta	6 U. 16 M. Fr.	Monor	7 „ 16 „ „	5 „ 28 „ „
Moravicza	—	Illó	7 „ 29 „ „	
Bersecz	7 U. 10 M. Fr.	Vecsés	7 „ 44 „ „	
Jassenova	7 „ 43 „ „	Steinbruch	8 „ 8 „ „	
Weißkirchen	—		Ankunft 8 „ 23 „ „	6 „ 27 „ „
Bazias	Ankunft 8 U. 18 M. Fr.	Pest		täglich
			Abfahrt 9 „ 12 „ „	7 U. 22 M. Fr.
		Wien	Ankunft 5 „ 56 „ Ab.	1 „ 52 „ M.

Dieser Zug verfährt nur, wenn die Eilschiffe nicht vor Abgang des Zuges 24 hr. Bazias anlangen.

Anmerkung. Die Preise für die Plätze und das Gepäcks-Übergewicht sind bei Beförderung mittelst der Eilzüge I und II von Pest bis Bazias und von Szegedin bis Pest dieselben, wie bei den gewöhnlichen Personenzügen.

51. ábra

A Szeged-Báziás vasútvonal 1861. május 6-tól érvényes menetrendje

Dr. Horváth Ferenc—Dr. Kubinszky Mihály
 MAGYAR VASÚTI ÉPÍTKEZÉSEK ERDÉLYBEN című könyv alapján

Torzított feszültséggel táplált egyfázisú ISZM egyenirányító

Csatlós Előd, Richard Marschalko

Kolozsvári Műszaki Egyetem

Románia

Abstract

The distortion of the AC system line voltage is an everyday problem. Beside the basic function of electrical energy conversion, there is a demand for the power electronic converters, what presents adaptability, to take over a secondary, line-conditioning function too. As a result the power electronics becomes able to support the AC mains. The paper analyses such a version of a two-way energy flow, single phase, PWM AC to DC converter system. New modeling of the converter, in a fixed coordinate system, associated with careful simulation allows to highlight the functional deficiency of the investigated converter and to propose a developed control strategy, which solves this deficiency. With the help of the new control scheme different line-friendly operation modes are also studied.

1. Bevezetés

Köztudott, hogy az energiát szolgáltató jelenlegi villamos hálózatok energetikai szempontból minőségi romlást mutatnak. Az új és nagyszámú elektronikus fogyasztók eredményeképpen a szolgáltatott hálózati feszültség általában gazdag felharmonikus tartalommal rendelkezik. Ennek következtében a szinuszos feszültségi üzemre tervezett fogyasztók hatékonysága kisebb a tervezettnél. Ugyanakkor zavaró hatásuk is megnövekedik, mint szinuszos üzem mellett. A folyamat láncszerű ismétlődése a hálózat globális minőségi romlását idézi elő, nő a szolgáltatott feszültség felharmonikus tartalma.

A teljesítményelektronika fejlődésével olyan berendezések tervezése került napirendre, melyek alkalmazkodnak a hálózati torzítottsághoz. További elvárt követelmény a hálózat szempontjából való zavarmentes üzemeltetés, adott esetben lokális kompenzátor üzemre való képesség.

Erre a feladatra alkalmas berendezések családjában jelentős részarányal foglalnak helyet a kapcsolóüzemű ISZM egyenirányítók. Ezek elsősorban a villamos hajtások fejlesztésében játszhatnak nagy szerepet. A kétirányú energiacserét biztosító háromfázisú erősáramú berendezések mellett [1], [5], [6] azonban különös jelentőséggel bír a házi fogyasztásra alkalmas egyfázisú típus [3].

Jelenleg egyre nagyobb teret hódítanak a kis teljesítménytartományban üzemelő egy kapcsolóelemmel felépített egyfázisú boost egyenirányítók. Habár nagy teljesítménytényezővel üzemelnek, hátrányuk az egyirányú energiaáramlás.

Nagyobb teljesítménytartományban viszont már elengedhetetlen a kétirányú energiacsere.

Kutatásunk témáját a közép és nagy teljesítménytartomány lefedésére kétirányú energiacserére alkalmas berendezés alkotja.

A dolgozat elemzi az egyfázisú ISZM egyenirányító áramgenerátor jellegű inverteres változatát, bemutatja a számítógépes szimulációra kidolgozott matematikai modellt, valamint a modellezési eredményekkel együtt közli a nemsinuszos feszültség melletti üzemre kidolgozott vezérlési és szabályozási eljárásokat.

2. Az egyfázisú egyenirányító felépítése és működése

Az egyfázisú kétirányú energiacserét biztosító ISZM egyenirányító gyors kapcsolási frekvenciával rendelkező IGBT-s hídágak segítségével alakítható ki. Az 1. ábra a közép és nagy teljesítménytartományban üzemképes kétpont áramszabályozással vezérelt megoldást mutatja be.

Az egyenirányító működése egy áramszabályozási hurkon alapszik. A váltóáramú hálózatról felvett áramot hiszterézises áramszabályozóval egy alapjel mentén vezetjük. Az áram előállításához egy feszültség-invertert használunk. Az inverter egyenáramú oldalán a működéshez szükséges egyenfeszültséget egy nagykapacitású kondenzátoron tároljuk. A fogyasztó irányában ez a kapacitás ugyanakkor simító szerepet is vállal.

A váltóáramú oldalon beiktatott kis inuktivitású fojtótekeres válaszfalat képez a hálózati és a konverter váltóáramú oldali feszültsége között.

A kapcsolóelemek ellenütemű vezérlését egy kétpont szabályozó látja el. Az áramszabályozó feladata a szabályozási stratégia megvalósításához megfelelő vezérlőjelek előállítás.

Az alapjel amplitúdóját egy feszültségszabályozó szolgáltatja, lehetőséget adva a fogyasztónak az egyenfeszültségi szint stabilizálására vagy változtatására.

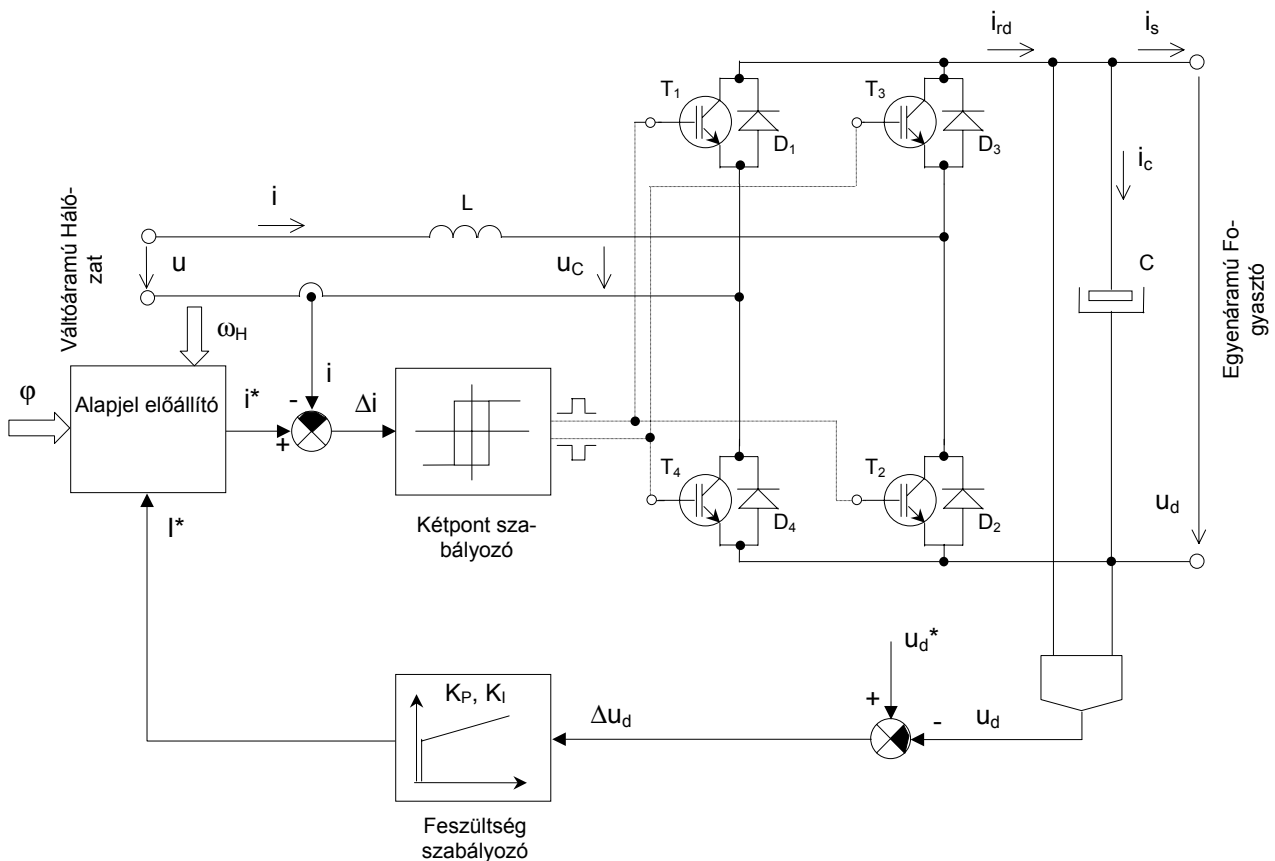
Az alapjel hullámformája és fázisszöge függ a kívánt működési üzemtől. Így, a hálózati feszültség mérési jelével szinkronizálva az átalakító meddő teljesítmény nélküli, induktív vagy kapacitív illetve szinuszos vagy nemszinuszos üzemekben működhet.

Az átalakító jellemzője, hogy az áramszabályozó megadott hiszterézise alapján a kialakuló kapcsolási frekvencia nem állandó. Értékét a hálózati áram pillanatnyi értékével változtatja. Szélsőértékpontjait az áram szélsőértékeinél éri el.

Így az áram követősáv szélessége, azaz a szabályozó hiszterézis értéke közvetlenül befolyásolja a kapcsolási frekvenciát. Ennek megválasztásakor szem előtt tartandó a kapcsolási veszteségek és a felépített áram minősége közötti egyensúly keresése.

3. Modellezési eredmények és működési rendellenességek

A vizsgált egyenirányító főbb adatai a következők: névleges tápfeszültség $U_N = 48 \text{ V}$; névleges teljesítmény $P_N = 250 \text{ W}$; hálózati frekvencia $f = 50 \text{ Hz}$; fojtótekeres inuktivitása $L = 1,76 \text{ mH}$, ellenállása $R_B = 0,33 \Omega$; kimeneti kondenzátor kapacitása $C = 1650 \mu\text{F}$.



1. ábra

Egyfázisú áramszabályozásos ISZM egyenirányító

Az 1. ábrán bevezetett jelöléseket alkalmazva, az egyenirányító modellezéséhez a felhasznált matematikai modellt a következő megállapításokból vezettük le:

Ha a tápfeszültség pillanatnyi értéke:

$$u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad (1.1)$$

akkor a felvett áram értéke a következő differenciál-egyenletből számítható ki:

$$L \frac{di(t)}{dt} = u(t) - u_c(t) - R_B \cdot i(t). \quad (1.2)$$

Elhanyagolva az átalakítóban jelentkező veszteségeket, az egyenirányított áram értéke a következő képlet szerint alakul:

$$i_{rd}(t) = \frac{u_c(t)}{u_d(t)} \cdot i(t). \quad (1.3)$$

A fenti feltételek mellett a kondenzátor kapcsolófeszültsége:

$$C \cdot \frac{du_d(t)}{dt} = i_{rd}(t) - i_s(t) \quad (1.4)$$

is ismert. A feszültségreferencia különbség

$$\Delta u_d(t) = U_d^* - u_d(t) \quad (1.5)$$

segítségével a feszültségszabályozó kimeneti értéke:

$$I^*(t) = K_p \cdot \Delta u_d(t) + K_I \cdot \int \Delta u_d(t) \cdot dt \quad (1.6)$$

lesz. Ez éppen a szükséges hálózati áram amplitúdójának felel meg. Ekkor a szinuszos áramalapjel:

$$i^*(t) = I^*(t) \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (1.7)$$

lesz és a felvett áram-alapjel különbség a következő képlet szerint alakul:

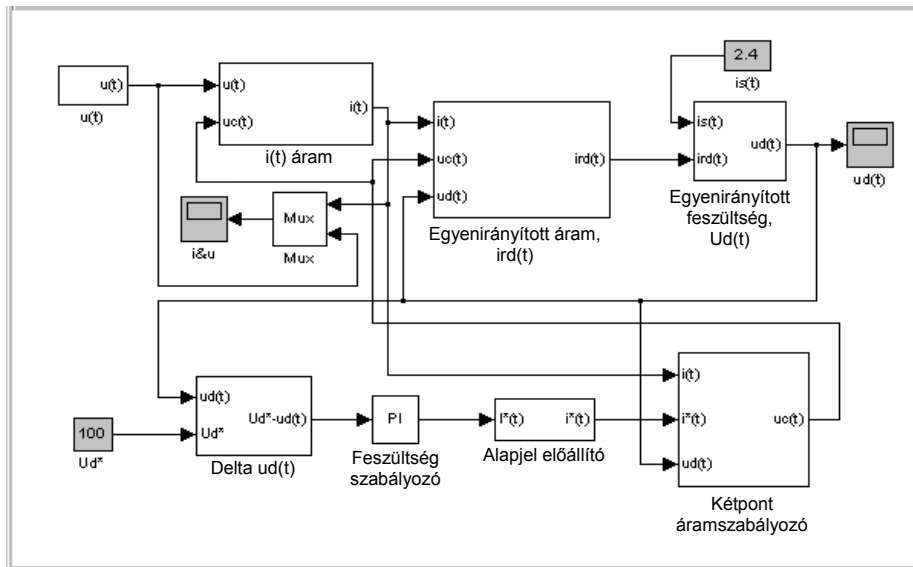
$$\Delta i(t) = i^*(t) - i(t). \quad (1.8)$$

A szabályozási kör bezárásához az áramszabályozó a következő állapotfüggvény szerint működik:

$$u_c(t) = \begin{cases} +u_d(t), & \Delta i(t) \geq \frac{\Delta h}{2} \\ -u_d(t), & \Delta i(t) \leq -\frac{\Delta h}{2} \end{cases} \quad (1.9)$$

A modell MATLAB-SIMULINK felületen felépített megoldását a 2. ábra mutatja.

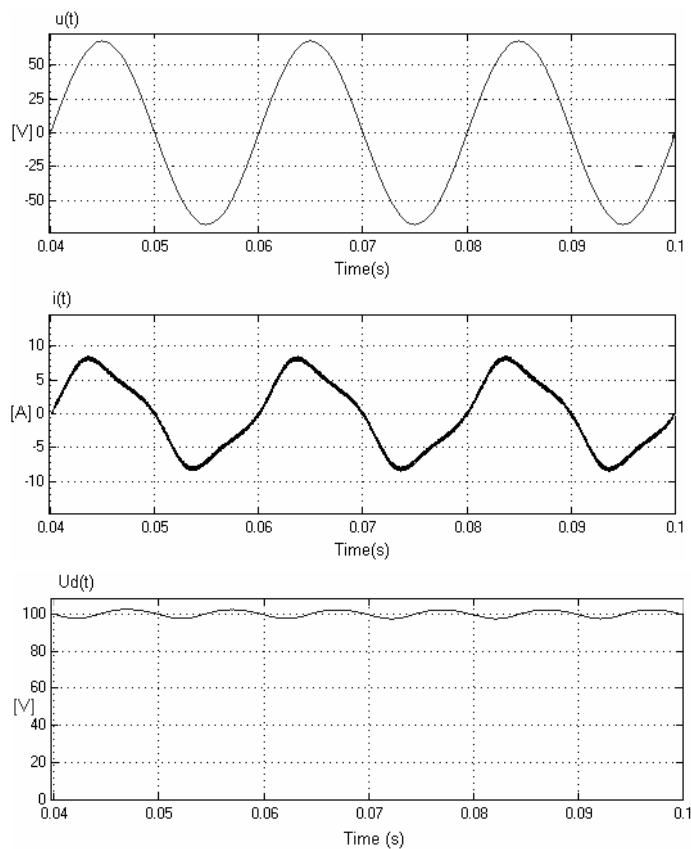
Az állandósult üzemet a következő szimulációs adatoknál vizsgáltuk: kimeneti egyenfeszültségi szint: $U_d = 100$ V; terhelő egyenáram $I_s = 2,4$ A; áramszabályozó hiszterézise $\Delta i = 0,5$ A; valamint a feszültségszabályozó adatai $K_p = 0,9$ és $K_I = 90$.



2. ábra

Az egyenirányító modellje MATLAB-SIMULINK felületen

Az elért eredményeket a 3. ábra mutatja.



3. ábra

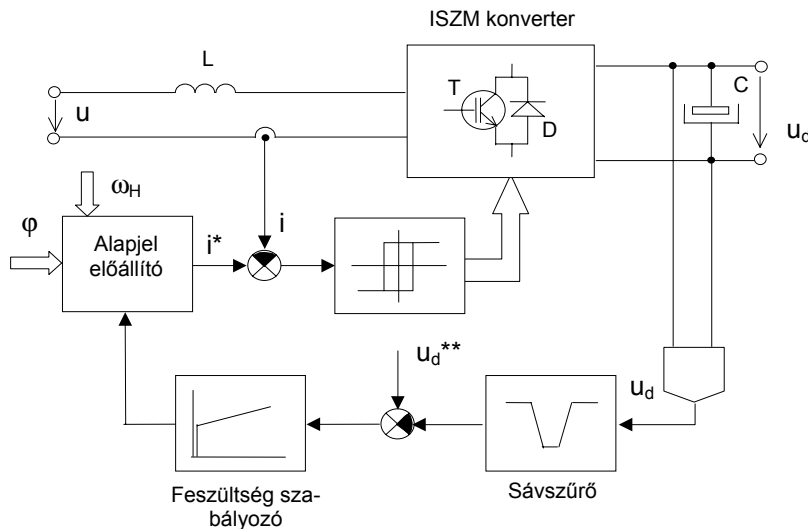
Szimulációs eredmények állandósult üzemmódra

Ahogy már régebről is ismert [1], az eredmények két működési rendellenességet mutatnak. Egyrészt a felvett hálózati áram felharmonikusgazdag, másrészt a kimenőfeszültség jelentős, 4,6 V-os, 100 Hz-es pulzálást mutat a kívánt referenciaszint körül.

A működési elégtelenségek az egyfázisú felépítésből származnak. Az azonos vezérlésű háromfázisú modellnél a hasonló zavarok kismértékben jelennek meg. Az egyfázisú felépítésnél megjelenő számottevő zavarok fő oka, hogy az egyenirányított áramot *csak egy* fázisáram megfelelő kommutációjából nyerjük és *nem három* szimmetrikus fázisáramból. Így az egyenirányított áram a kondenzátoron egy 100 Hz-es összetevőt szül, ami egy háromfázisú modellnél 300 Hz-esre és kisebb amplitúdójúra alakul.

A pulzálás a szabályozó áramkörön végighalad, ami egy pulzáló alapjel áramamplitúdót eredményez, s így a megépített áram felharmonikusokat tartalmaz.

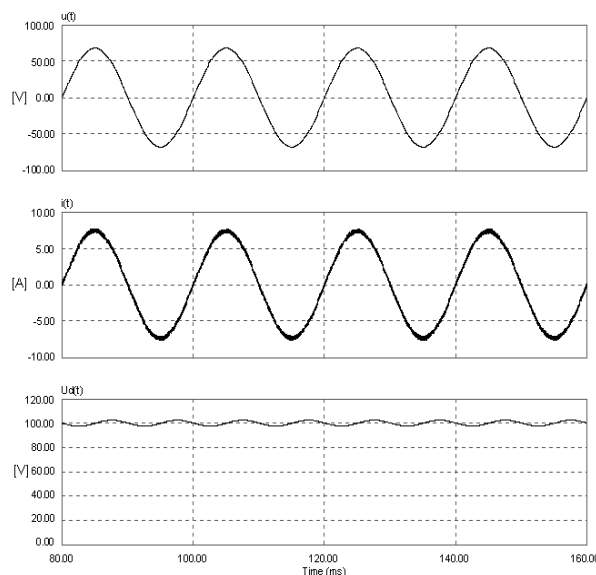
A zavaró hatások csökkentésére korlátozott lehetőségeink vannak az egyfázisú felépítés miatt. A tünetek orvoslása végett egy sávszűrőt iktattunk be a szabályozási áramkörbe a feszültség-mérő után. (4.ábra)



4. ábra

Módosított szabályozási lánc

Modellünkben egy másodrendű szűrőt használtunk 100 Hz-es középfrekvenciával, 20 Hz-es sávzélességgel. Ezzel a megoldással, ahogy az 5. ábrán is látható, elértük az áram felharmonikus-tartalmának csökkentését. A kimenőfeszültség minősége változatlan marad, amit viszont a kondenzátor kapacitásértékének növelésével javíthatunk.



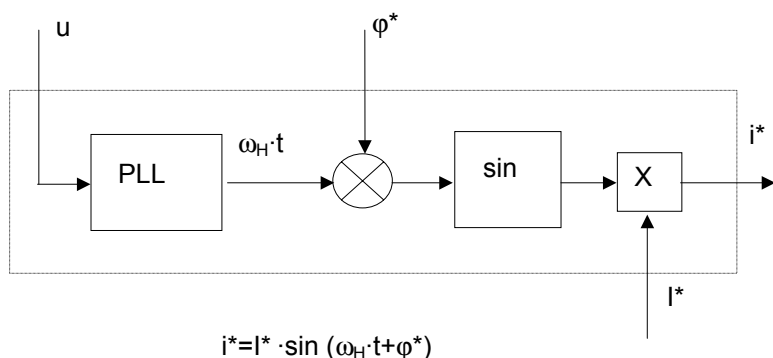
5. ábra

Másodrendű szűrő beiktatásával elért eredmények

4. Szinuszos fogyasztó üzemmód

Az egyenirányító által felvett áram követi a szabályozási hurokban előállított alapjelet. Az alapjel előállításánál lehetőség adódik különböző hálózatbarát üzemmódok kialakítására, [4], [5], [6].

Az alapjel előállítása történhet egy szinuszhullám-generátor segítségével. A generátor fázisszögét egy szinkronizáló áramkörből nyerjük (PLL áramkör). A szinkronizáló jelbe beleavatkozva, késéssel vagy siettetéssel (φ^*), induktív, illetve kapacitív üzemmódok valósíthatók meg. Az alapjelet a generátorjel és a feszültségszabályozó által szolgáltatott áram-amplitúdójel összeszorzásából kapjuk. (6. ábra).



6. ábra

*Szinuszos szinkronizáló jel előállítása
PLL áramkör segítségével*

Ez a megoldás a hálózati feszültség milyenségétől függetlenül szinuszos áramot kényszerít a készülékből. Így torzított táplálás esetén ez a változat szinuszos áramfelvétel mellett, mint lokális hálózatjavító működik, javítva ezzel a hálózat helyi torzítástényezőjét.

Az üzemmód vizsgálatára a szimulációs modellünket torzított feszültséggel tápláltuk, melynek harmonikus tartalmát az 1. táblázat mutatja.

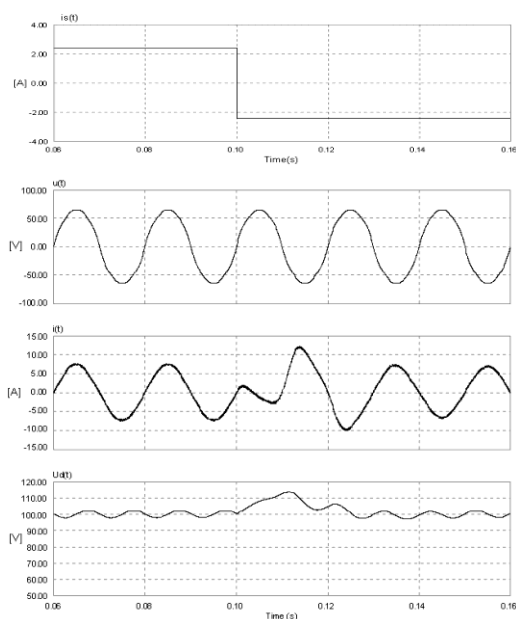
1. táblázat

Harmonikus rendszám	Amplitúdó	Résarány az alap- harmonikusból
	[V]	[%]
1	67.88	100
3	4.07	6
5	2.03	3
7	1.01	1.5

Az előállított alapjel fázisszögét (φ^*) nullának feltételeztük.

A szimulációs bemeneti adatok megegyeznek az állandósult üzennél használtakkal, azzal a kiegészítéssel, hogy a terhelőáram adott pillanatban történő előjel váltásával vizsgáltuk az ISZM egyenirányító dinamikáját is. Az eredményeket a 7. ábra mutatja.

Az elért eredmények kielégítő állandósult és dinamikus üzemmódot bizonyítanak. A tranziens folyamatok a tervezés szerint elvárt időben zajlanak le.



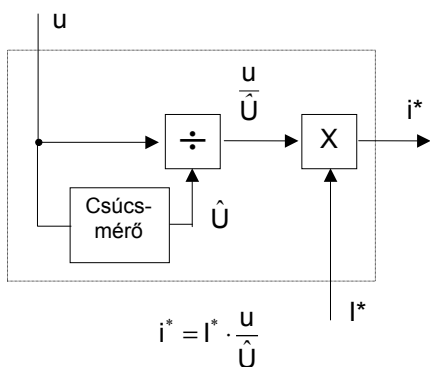
7. ábra

Szimulációs eredmények szinuszos fogyasztó üzemben

5. Ellenállás jellegű fogyasztó üzemmód

Az alapjel előállításával elérhető, hogy a készülékünk ellenállás jelleget mutasson. Ez azt jelenti, hogy a felvett áram hullámformája és fázisa megegyezik a tápláló feszültségével.

Ez úgy valósítható meg, hogy ha az alapjelünk formáját a hálózati feszültségből származtatjuk. A feszültségmérő jelét elosztva a hálózati feszültség csúcserkével egy egységnyi amplitúdójú, a hálózati feszültség formájával és fázisával megegyező hullámjelet kapunk. Ezt megszorozva az áramamplitúdó jellel megkapjuk a kívánt alapjelet. (8. ábra)

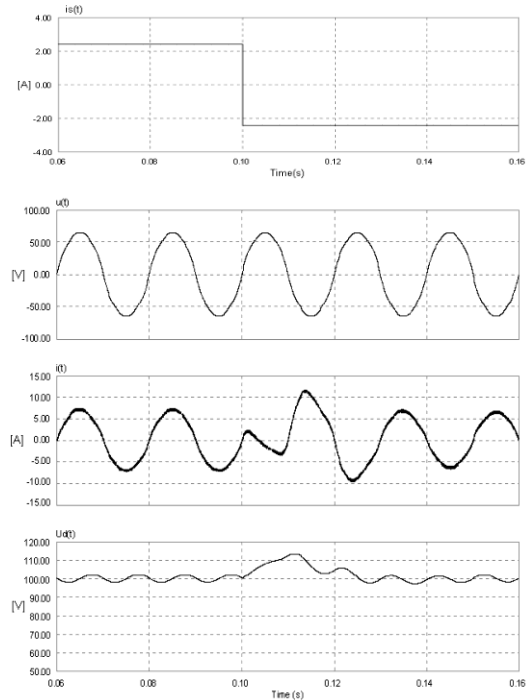


8. ábra

Szinkronizálás ellenállás jellegű üzemmód esetében

Szimulációs vizsgálatunkhoz a szinuszos fogyasztónál használt adatokat alkalmaztuk. Az eredményeket a 9. ábra mutatja.

Az előállított üzemmód a hálózat szempontjából torzítás és meddő energia-felvétel nélkül üzemel.



9. ábra

Szimulációs eredmények ellenállás jellegű fogyasztó esetében

Következtetések

Az egyfázisú átalakító további kutatását, gyakorlati megvalósítását és fejlesztését ösztönzik az elért eredmények. Az áramszabályozó hurok jó dinamikát mutat. A kapcsolási frekvencia 26-50 kHz értéktartományban változik, ami a fojtótekercs nagyobbra méretezésével, továbbá nagyobb áramszabályozó-hiszterézis érték használatával csökkenthető. Az áramszabályozó struktúrája, valamint az üzemmódok előállítását meghatározó alapjel generálása digitális úton könnyebben érhető el. Ezért a vezérlő és szabályozó áramkör kifejlesztésére automata numerikus rendszer ajánlott.

Hálózatbarát jellemzői, valamint az üzemmódok változtathatóságának relatív egyszerűsége új területet jelent az energiaszolgáltató rendszerek fejlesztésére, lehetőséget adva egyfázisú fogyasztók esetén is a hálózatok helyi és globális szinten történő minőségi javítására.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Dr. Horváth Miklós és Dr. Halász Sándor urak támogatásáért.

Irodalom

- [1] *Kolar, J.W.; Ertl, H.:* Status of the Techniques of Three - Phase PWM Rectifier Systems with Low Effects on the Mains, PCIM'99, Power Conversion and Intelligent Motion Conference, Seminar 27, Nürnberg,, Germany, 1999.
- [2] *Marschalko, R.:* Extended Control Strategy for a PWM Line- Friendly AC-to-DC Converter, EPE'93, European Conference on Power Electronics and Applications, Brighton, Great Britain, 1993.
- [3] *Marschalko, R.:* Modelling and Implementing of a Single-Phase PWM AC-to-DC Converter, Symposium on System Modelling, Fault Diagnosis and Fuzzy Logic Control, Tempus S-JEP07759-94-Modify, Budapest and Miskolc, 06-07, May, Hungary, 1997.
- [4] *Marschalko, R.; Weinhold, M.:* Optimal Control and Appropriate Pulse Width Modulation for a Three - Phase Voltage dc - link PWM Converter, 27.IEEE-IAS Annual Meeting, Houston, Texas, Vol.I, pp.1042 - 1049, USA, 1992.
- [5] *Weinhold, M.:* Appropriate Pulse Width Modulation for a Three - Phase PWM AC -to - DC Converter, EPE Journal, Vol.1, No.2, October, pp.139 - 148, 1991.
- [6] *Weinhold, M.:* Dreiphasiger Pulsstromrichter zur Speisung von Gleichspannungszwischenkreisen ohne Amplitudensteuerung der netzseitigen Stromrichterspannungen, Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktor - Ingenieurs der Fakultät für Elektrotechnik an der Ruhr - Universität Bochum, 1993.

Alsópályás gerinclemezes acélszerkezet stabilitásának néhány kérdése

P. Moga, G. Köllő, Șt. I. Guțiu, C. Moga
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Románia

Abstract

This paper presents the general stability checking methodology of the main plate steel girders in accordance with the Romanian norm SR 1911-98, which is exemplified by a numerical example for a 30 m span railway trough plate-girder bridge.

The results of the calculations are compared with those obtained through applying an energetic method for a compression member on an elastic foundation, respectively on the elastic transversal semiframes.

The resulted observations can be useful in the design activity of this kind of decks, taking into account the implications of the lateral-torsional buckling on the safety exploitation of the steel bridge superstructures.

1. Bevezetés

Ebben a tanulmányban bemutatjuk a gerinclemezes főtartók általános stabilitásának ellenőrzését a SR 1911-98-as hazai szabvány szerint.

A bemutatott elméleti anyagot egy 30 m fesztávú alsópályás hídszerkezeten elvégzett számításokkal

A számítások eredményeit összehasonlítjuk a nyomott rugalmas alátámasztású tartó energia módszerrel végzett számításával, valamint nyílt keresztmetszetek és keresztartókból összeállított szerkezettel.

Számításaink eredményei hasznosíthatók az ilyen típusú hídszerkezetek tervezési tevékenységében.

A főtartók nyomott övének (rácstartók vagy gerinclemezes tartók) a stabilitás-vesztése, valamint a felső öv oldal irányú kihajlása az alsópályás hídszerkezeteknél egy nagyon komoly kérdés a biztonságos üzemeltetés szempontjából, mert a főtartók stabilitásvesztése a hídszerkezet teljes tönkremeneteléhez vezet.

A gerinclemezes főtartók stabilitását a szakirodalom egyszerűsített modellek segítségével tárgyalja (ECS PART I, STAS 10108/0-78). Két végén alátámasztott állandó keresztmetszetű tartó különböző terhelések esetén adják meg a megfelelő eredményt.

A rácstartók esetében a nyomott öv kihajlása meghatározható az energetikai módszer segítségével, ha azt feltételeztük, hogy a tartó csak a két végén van terhelve és állandó keresztmetszettel rendelkezik. Ismerve a nyílt keret merevségét, rugalmas alátámasztású tartók esetére meghatározható a kritikus erő.

A rácstartóknál azonban a keresztmetszet mind a nyomóerő változik csomópontok között.

A gerinclemezes tartók általában változó keresztmetszettel készülnek, a nyomott öv bizonyos távolságokban rugalmasan alá van támasztva, amit az U alakú nyílt keretek (keresztartók és függőleges merevítő tartók) biztosítanak. Éppen ezért egy pontos (matematikai) számítási modell kidolgozása nagyon összetett és nehéz feladat.

Ebben a tanulmányban a gerinclemezes főtartók stabilitási számításait mutatjuk be a SR 1911-98 szabvány szerint, számpéldával illusztrálva és összehasonlítva az eredményeket a nyomott rugalmas alátámasztású tartó eredményeivel.

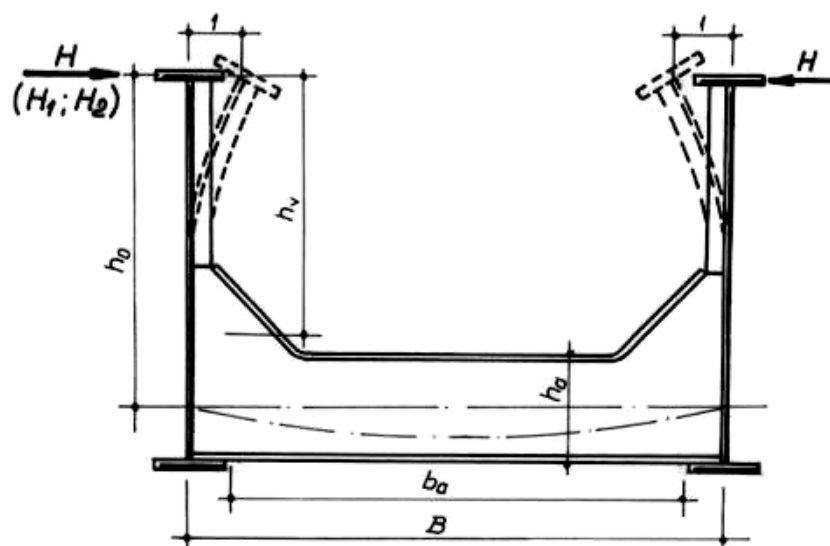
2. A gerinclemezes I főtartó stabilitási ellenőrzése a SR 1911-98 szabvány szerint

A gerinclemezes főtartók felső öve kihajlásának az ellenőrzése a romániai SR 1911-98-as szabvány szerint a következő összefüggésekkel történik:

$$H_1 \geq C_1 \cdot H_0 \quad (1.a)$$

$$H_2 \geq C_2 \cdot H_0 \quad (1.b)$$

ahol H_1 és H_2 a nyitott keret (U) szélső pontjain ható erők, amelyek egységnyi behajlást eredményeznek (1. ábra).



1. ábra

Egy felül nyílt keret (U) merevségét a következő összefüggés szerint lehet kiszámítani:

$$H = \frac{E}{\frac{h_0^2 \cdot b_a}{2 \cdot I_a} + \frac{h_v^3}{3 \cdot I_m}} \quad (2)$$

ahol a h_0 , b_a , h_v -t az 1. ábra szerint értelmeztük. I_a , I_m a kereszttartó, valamint az oszlopok (merevítők) tehetlenségi nyomatéka.

A gerinclemez I tartóknál függőleges rudakon az U keret oszlopán a gerinclemez merevítő lemezeit, valamint ezzel együtt dolgozó gerinclemez-részt értjük, amelynek a tehetlenségi nyomatéka:

$$I_m = \frac{h^3}{\sum \frac{h_{ki}^3 - h_{ks}^3}{I_k}} \quad (3)$$

A (3) összefüggésben szereplő h , h_{ki} , h_{ks} -t a 2. ábra szerint értelmezzük, az I_k pedig a k -edik merevítés-nél (merevítési mező) az oszlop elem tehetlenségi nyomatéka.

A C_1 és C_2 együtthatókat a (4a) és (4b) képlet szerint kell kiszámítani.

$$C_1 = \frac{1 + 0,6 \cdot \alpha \cdot \beta_m}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{1,44 \cdot \alpha \cdot \beta_m}{(1 + 0,6 \cdot \alpha \cdot \beta_m)^2}} \right] \quad (4.a)$$

$$C_2 = \frac{C_1}{\alpha} \quad \alpha = \frac{H_{1\min}}{H_2} \quad (4.b)$$

Ezekben az összefüggésekben a β_m a β együtthatók számtani középárányosa:

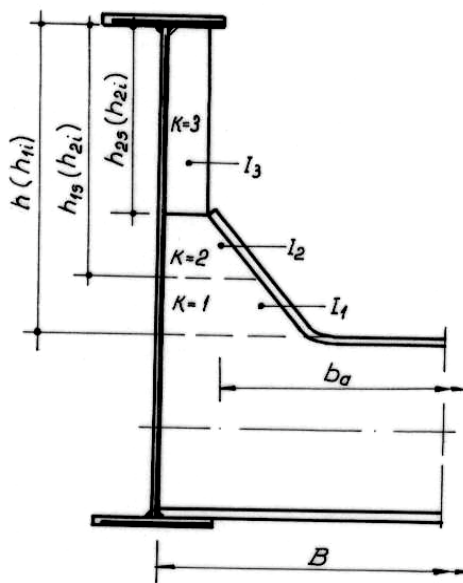
$$\beta = \frac{\lambda'_y}{\lambda_y} \quad (5)$$

ahol λ_y a felső öv karcsúsági együtthatója az y–y tengelyhez viszonyítva,
 λ'_y karcsúsági együttható, amely a Φ_y kihajlási együtthatónak felel meg.

$$\varphi'_y = \frac{N}{A_b \sigma_a} \quad (6.a.)$$

N – a felső övben lévő nyomóerő, amelyet a dinamikus hatás figyelembevételével számoltunk ki.

$$N = \frac{M}{I_z} \cdot h' \cdot A_b \quad (6.b.)$$



2. ábra

Az összehasonlítási merevséget (H_0) a következőképpen számoljuk ki:

$$H_0 = \frac{2,5 \cdot v_f}{\beta_m^2} \cdot \frac{N_{\max}}{I_{\min}} \quad (7)$$

ahol:

- N_{\max} = a felső öv legnagyobb nyomóereje,
- I_{\min} = két merevítő lemez közötti legkisebb távolság,
- v_f = a kihajlás biztonsági tényezője, amely a legnagyobb λ'_y -nek felel meg.

3. A rugalmas ágyazású nyomott rúd kritikus nyomóerője

Ha a főtartó nyomott övét állandó keresztmetszetűnek tételezzük fel, amelyet állandó nyomóerő vesz igénybe, valamint az alátámasztás legkisebb merevségét, amelynél a csomópontok úgy viselkednek mintha mozdulatlanok volnának k_{\min} -el jelöljük,

$$k_{\min} = \frac{P_{cr}^\lambda}{\gamma \cdot \lambda} \left[\frac{\text{daN}}{\text{cm}} \right] \quad (8)$$

ahol $P_{cr}^\lambda = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{\lambda^2}$ az Euler-féle kritikus nyomóerő a két végén csuklósan kapcsolódó λ hosszúságú rúd esetén.

γ – együttható, amely a nyílások számától függ (m) (1. táblázat).

1. táblázat

m	2	3	4	5	6	7	8	9
γ	0.500	0.333	0.293	0.276	0.268	0.263	0.258	0.255

Ha a nyomott felső öv és a merevítő lemezek méreteit úgy választjuk meg, hogy a deformálódott felső öv fél-hossza (félhullám) hosszabb mint a λ hosszának megfelelő lemezmező, akkor a következő egyszerűsítést vezethetjük be: a pontszerű λ távolságra elhelyezkedő rugalmas alátámasztást egy folytonos rugalmas alátámasztással lehet helyettesíteni.

k_1 – a rugalmas mező lineáris merevsége

$$k_1 = \frac{H}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{E}{\frac{h_0^2 \cdot b_a}{2 \cdot I_a} + \frac{h_v^3}{3 \cdot I_m}} \left[\frac{F}{L^2} \right] \quad (9)$$

Az energia-módszert alkalmazva, figyelembe véve (8), (9)-et:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l^2} \left(n^2 + \frac{k_1 \cdot l^4}{n^2 \cdot \pi^4 \cdot E \cdot I_y} \right) \quad (10)$$

ahol n – egy egész szám, amely (alakváltozott) deformált szakasz félhullámait méri
a k_1 merevség minimális értéke $n=1$ és $n=2$ ($P_{cr}^1 = P_{cr}^2$)

$$\frac{k_1 \cdot l^4}{\pi^4 \cdot E \cdot I_y} = 4 \quad (11)$$

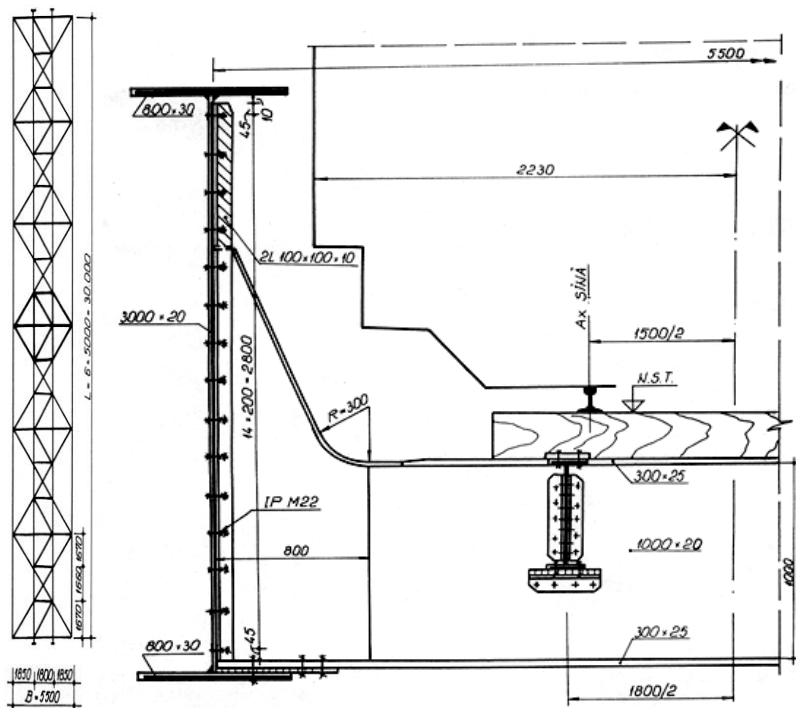
k_1 nagyobb értékének megfelelően meg lehet határozni a félhullámok számát a következő összefüggésből:

$$\left(P_{cr}^n = P_{cr}^{n+1} \right) \quad (12) \quad \Rightarrow \quad \frac{k_1 \cdot l^4}{\pi^4 \cdot E \cdot I_y} = n^2 (n+1)^2 \quad (13.a)$$

$$\frac{l^2}{\pi^2} \cdot \sqrt{\frac{k_1}{E \cdot I_y}} = n(n+1) \quad (13.b)$$

4. Számpélda

Adott a 3. ábrán látható 30 m fesztávolságú, gerinclemezes főtartójú alsópályás vasúti híd szerkezet.



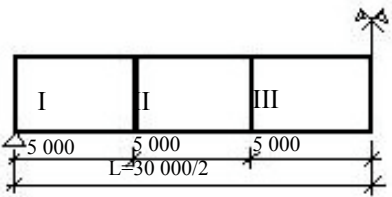
3. ábra

Végezzük el ennek a szerkezetnek az általános stabilitási számításait (ellenőrzési számítás).

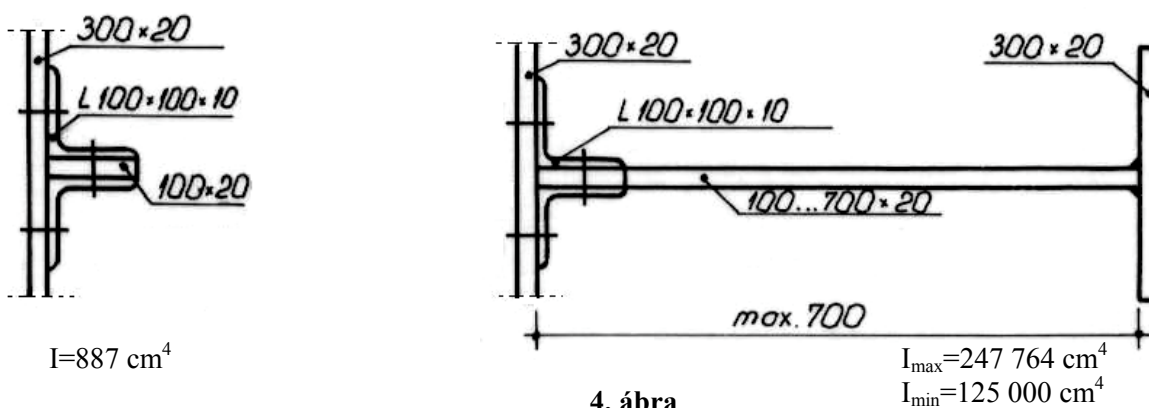
A statikai számítás eredményeként, meghatározva a legnagyobb forgatónyomatékok (M_{\max}), a gerinclemez főtartót 6 függőleges merevítéssel elválasztott mezőre osztottuk, (2. táblázat) meghatározva mindegyik mezőnek megfelelő nyomatékokat.

A 2. táblázat tartalmazza azokat a számítási elemeket, amelyek szükségesek a stabilitási ellenőrzésekhez.

2. táblázat

	Gerinclemez mező		
	I	II	III
$M = M_g + \Psi M_p$ [kN m]	3 072	7 614	10 326
Tehetetlenségi nyomaték [cm ⁴]	9 972 240		15 517 080
Egységnyi átlagfeszültség az alsó övben $\sigma = \frac{M}{I_z} \cdot h'$ [daN/cm ²]	458	743	1 008
Nyomóerő az alsó övben [daN], $N = \sigma_m \cdot A_b$	54 960	178 320	241 920
Kihajlási együttható $\phi_y = \frac{N}{A_b \cdot \sigma_a}$	0,29	0,46	0,63
Karcsúsági együttható λ_v	136	108	80
Inerciasugár i_v	17,32	23	
Karcsúsági együttható $\lambda_v = l/i_v$	28,90	21,70	
Együttható $\beta = \lambda_v / \lambda_{v0}$	4,70	4,98	3,69
$\beta_m = 4,46$			

Az ellenőrzés három esetben történik aszerint, hogy milyen függőleges merevítést alkalmazunk.
 a) A merevítő elem egy lemezből (100×20) és két szögvasból ($2L 100 \times 100 \times 10$) van kialakítva.
 Az aktív gerinclemez $15 \cdot t_i = 300$ mm (4. ábra)



4. ábra

b) a merevítő lemez csak egy lemez, amely a főtartó belső gerinclemezéhez van erősítve
 c) gerinclemezes főtartó merevítés nélkül.

$$(15t_i = 300) \text{ mm}$$

Mind a három esetben (a, b, c):

$$C_1 = 3.16$$

$$H_0 = v_f \cdot 60,80 \text{ daN/cm}$$

$$C_1 \cdot H_0 = v_f \cdot 192 \text{ daN/cm}$$

$$I_a = 560717 \text{ cm}^4$$

A számítási eredményeket a 3. táblázatban foglaltuk össze.

3. táblázat

Az U keret függőleges kialakítása		Az U keret függőleges elemének a merevsége (3. képlet)	A nyílt keret merevsége (2. képlet) [daN/cm]	A kihajlási biztonsági tényező $v_f = H_1/C_1 \cdot H_0$
a	$h_0=250$ $h_v=160$ $b_v=500$	12 500	15 318	80
b	$h_0=250$ $h_v=200$	887	691	3,60
c	$b_v=550$	20	16	< 1

Az energia-módszert alkalmazva, a felső övet állandó keresztmetszetűnek feltételezve (800×30) a következő értékeket kapjuk:

$$I_y = 128 000 \text{ cm}^4 ; P_{cr}^\lambda = 10 601 042 \text{ daN}$$

$$k_{min} = 79 112 \text{ daN/cm} \quad (8. \text{ sz. összefüggés})$$

Mivel a nyílt keretek U merevsége kisebb mint k_{\min} , következik, hogy a csomópontok elmozdulhatnak. Az eredményeket a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat

Az U keret függőleges elem kialakítása	A rugalmas mező merevsége $k_1 = H / \lambda$, $\lambda = 500$ [daN/cm ²]	$\gamma = \frac{k_1 \cdot l^4}{\pi^4 \cdot E \cdot I_y}$	Félhullámok száma n	P_{cr} [daN] *)	Kihajlási biztonsági tényező
a	30,64	95	3	$5,76 \cdot 10^6$	24
b	1,38	4,28	2	$1,5 \cdot 10^6$	6,17
c	~ 0	~ 0	1	$0,3 \cdot 10^6$	1,2

*) $P_{cr} = P_E (n^2 + \gamma/n^2)$; $P_E = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l^2} = 294\,473$ daN.

5. Következtetések

A nyomott öv stabilitásának a kérdése a gerinclemezes főtartós alsópályás, valamint a rácsszerkezetes alsópályás hidaknál a tervezés egyik fontos feladata, amely nagymértékben befolyásolja a szerkezet biztonságos üzemeltetését.

A felső öv stabilitásvesztése sok hídszerkezet tönkremenetelét okozta. A nyomott öv kihajlása veszélyesebb a rácsszerkezeteknél, mivel ezeknél a szerkezeteknél a keretmerevség kisebb, mint a gerinclemezes alsópályás hídszerkezeteknél. A gerinclemezes alsópályás hídszerkezetek keretmerevsége nagyobb, mivel az oszlop-elemek kisebbek és a merevítő lemezek nagymértékben hozzájárulnak a keretmerevség megnöveléséhez. Minden esetben ennek a kérdésnek a megoldása a tervezőknek a feladata: egy megfelelő keretmerevségű szerkezet megtervezése a szerkezet stabilitásának ellenőrzésével. A bemutatott gyakorlati példa is illusztrálta, hogy a gerinclemezeze külső merevítések nem szükségesek, ezeket nem is ajánlják, mivel rontják a híd esztétikai hatását.

Felhasznált irodalom

- [1.] *** EUROCODE 3. Part 2. CEN/TC 250/SC 3, 1994.
- [2.] *** STAS 10108/0-78 – Calculul elementelor din oțel.
- [3.] Dalban, C., Juncan, N., ...: Construcții metalice. E.D.P. București, 1983.
- [4.] SR 1911-98 - Poduri metalice de cale ferată.
- [5.] Moga, P., Guțiu, Șt.: Flambajul lateral al grinzilor cu inimă plină. Simpozionul: "Reabilitarea drumurilor și podurilor", Cluj-Napoca, oct. 2000.
- [6.] Moga, P., Gutiu, Șt.: Poduri metalice. Îndrumător de proiect. U.T.C-N., 2003.
- [7.] Jantea, C., Varlam, F.: Poduri metalice. Casa de Editura VENUS. Iași, 1996.
- [8.] Bia, C., Ille, V., Soare, M.: Rezistența materialelor și teoria elasticității. E.D.P., București, 1983.
- [9.] Moga, P.: Poduri metalice. Alcătuirea și calculul elementelor. U.T.C-N., 2000.

Újabb technológiák a kalapácmalmok hatásfokának növelésére

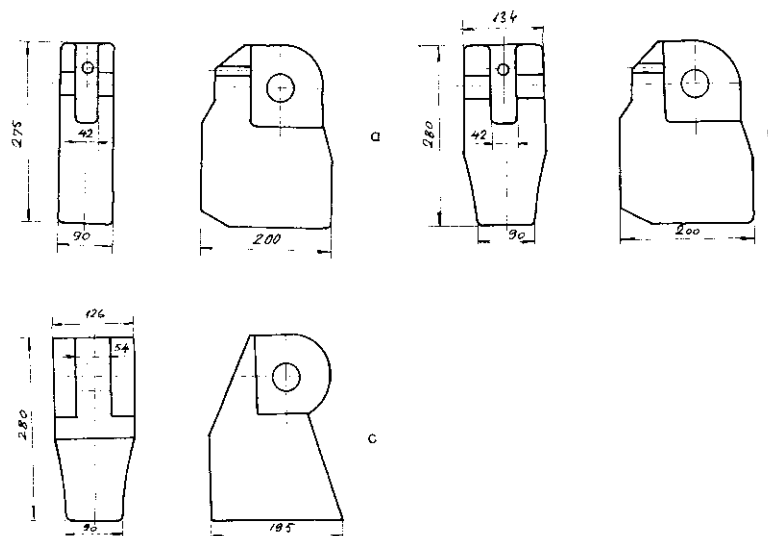
Dr. Szőcs Katalin
Kolozsvár

Abstract

The life is an important factor of the plan's economic efficiency. There are contradictions requirements against the material of the hammers. A good wear resistance and a high impact test value is needed as well. Test with hammers, made of nodular graphite castings had shown appropriate life times.

Az ipari létesítmények hatékonyságának növelése gazdasági követelmény. A gépek és berendezések működési idejének meghosszabbítását célzó törekvések is ide sorolhatók.

A kalapácmalmok működési időtartama elsősorban a kalapácsok kopásától függ. A dörzsölés általi koptatáson kívül a kalapácsok jelentős dinamikus erőknek is ki vannak téve. Kalapácmalomban zúzzák szét az útburkoláshoz használt andezittörmelék, az iparilag használt mészkövet és meszet, a cement gyártásához használt klinkert, a bányából kifejtett kőszén stb. Az 1. ábra a széntörök kalapácsát, a 2. ábra a mészkőmalom kalapácsát szemlélteti.



1. ábra

A szénmalom kalapácsa

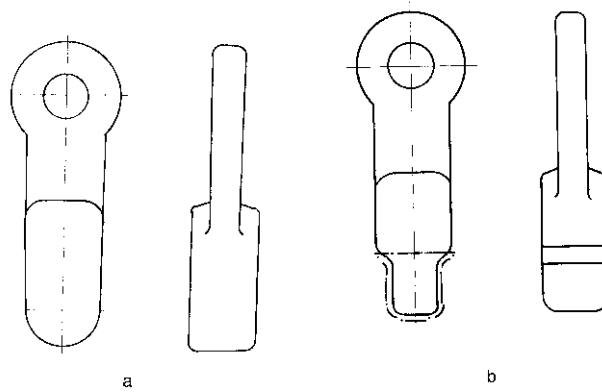
a. öntött acélból OT 600-3

b. gömbszéntes vasból kettős füllel

c. gömbszéntes vasból egyes felfogó füllel

A dinamikus igénybevételeknek az acél megfelel, de gyorsan kopik. A kalapácsok anyagaiként használt acélok mechanikai jellemzőit az 1. táblázat mutatja be. A kalapácmalom hatékonysága a kalapácsok kopásától függ. A malom őrlekedésének csökkenése a kalapácsok kicserélését vonja maga után. Több rend kalapácsot is helyeznek egy malomba, de a legnagyobb kopásnak az első sorba helyezettnek vannak kitéve (3. ábra.) A 4. ábra szemlélteti az 1., 2. és 3. sorban elhelyezett kalapácsok elkoptott alakját.

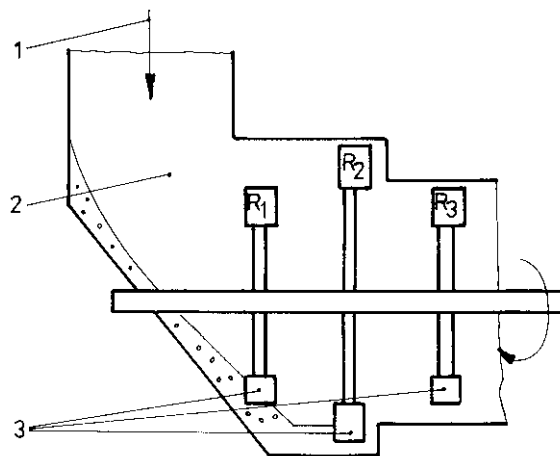
A kalapácmalmok működési ideje a kalapácsok kopásától függően 16-200 óra között változik, az őrleendő anyag keménységétől vagy szilíciumdioxid-tartalmától függően.



2. ábra

A mészkőmalom kalapácsa
a. kovácsolt acélból 01 50.1 K
b. gömbgrafitos öntvényből

A kalapácsok kopási szilárdságának növelésére a szakirodalom különféle módszert említ. Így hegesztéssel történő kopásálló réteg felvitele az acélból készült kalapácsra. (4) A pontozott hegesztéssel felvitt kemény réteg a kalapácsmalom működési idejét 30%-kal megnöveli. Egyes szerzők olyan próbálkozásokról számolnak be (1, 2, 3), ahol magasan ötvözött öntvényekből készült kalapácsokkal kísérleteztek. Különösen a nagy krómtartalmú fehér vasak kaptak nagyobb szerepet a kopásnak kitett alkatrészek gyártásánál. Ezen ötvözetek ütőmunkája $5-6 \text{ J/cm}^2$, mely olykor elégtelen a nagyobb dinamikai igénybevételeknek kitett kalapácsok számára, valamint nagy keménységük miatt (40-50 HRC) megmunkálásuk is nehézségbe ütközik.



3. ábra

A kalapácsmalom elvi vázlata
1. táplálás
2. a malom belseje
3. kalapácsok

Kísérleti eredmények

A fentiek ismeretében célul tűztük ki a kis kopási szilárdsággal rendelkező acél helyettesítését jobb minőségű, gömbgrafitos öntvényvel. Megfelelő ötvözéssel és hőkezeléssel növeltük az öntvény ütőmunkáját és megmunkálhatóságát a kopási szilárdság növelésével egyidőben. Az előállítási és hőkezelési technológia kikísérletezésével egyidőben megváltoztattuk a kalapácsok konfigurációját, mivel acélról öntöttvasra tértünk át. Ismeretes, hogy a gömbgrafitos vasra az öntött acélhoz hasonló ütőmunka jellemző. A kopásállóság növelése érdekében karbidképző elemekkel (Cr, Mo) ötvöztük, az edzhetőség növelésére a vashoz nikkelt is adtunk. Ezenkívül a

kopásállóság további növeléséért a kalapács aktív felét fémformába öntöttük. Így módosult a mész kötő kalapács alakja a 2. ábra szerint, (szaggatott vonallal a kokillába öntött kemény zónát jelöltük). A szénmalom kalapácsát két változatban is kipróbáltuk, kettős felfogó füllel az 1.b. ábra és egyes füllel az 1.c. ábra szerint.

Az öntéshez szükséges fémfördőt egy 6,3 tonnás indukciós kemencében állítottuk elő. A vizsgált ötvözetek vegyi összetételét a 2. táblázat szemlélteti. Ezt az összetételt a gömbösítés valamint a módosítás után kaptuk. A vizsgált ötvözetek mechanikai szilárdságát száraz keverékbe való öntés után a 3. táblázat szemlélteti. A 2. és 3. táblázat adataiból észrevehető a vas mangántartalmának az ütmunkára kifejtett csökkenő hatása.

1. táblázat. A kalapácsoknál használt acél mechanikai jellemzői

Az anyag megnevezése	Szakítószilárdság N/mm ²	Folyáshatár N/mm ²	Nyúlás %	Ütmunka KCU ₂ J/cm ²	Keménység HB
Öntöttacél 600	590	340	12	25	169
Kovácsoltacél 50.1 K	610	270	21	59	-

2. táblázat. Az adagok vegyi összetétele, %

Sorszám	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Mg	Ca
1.	3,40	2,10	0,62	0,027	0,030	0,58	1,92	0,25	-	0,05	0,02
2.	3,50	2,35	0,89	0,025	0,029	0,62	1,34	0,21	0,10	0,06	0,03
3.	3,35	2,58	1,26	0,029	0,030	0,035	1,64	0,42	-	0,05	0,02

3. táblázat. Az öntöttvasak mechanikai jellemzői

Sorszám	Szakítószilárdság N/mm ²	Nyúlás %	Folyáshatár N/mm ²	Ütmunka J/cm ²	Keménység HB
1.	682	8,4	557	12	207
2.	497	2,0	447	8	210
3.	643	1,0	521	3	241

A kalapácsok felületét fémformába öntöttük, beleágyazva a nyers formázó keverékbe az 5. ábra szerint. Ilyen öntési technológiával a megmunkálendő részeknél a vas keménysége kisebb, míg az aktív felületen a célnak megfelelően nagyobb lesz. Egy kalapácsból vett minták mechanikai jellemzőit a 4. táblázat szemlélteti. Látható a keménység és a többi jellemző változása a kalapács különböző zónáiban. A két zóna alapszövege is különbözik, ahogy a 6. ábrán láthatjuk. A ferrittartalom nagyobb a homokba öntött részeknél, a cementit mennyisége nagyobb a kokilla melletti zónában. A ferrites zónában kevés perlit található. A króm jelenlétének köszönhetően a cementit a perlitet végig kíséri.

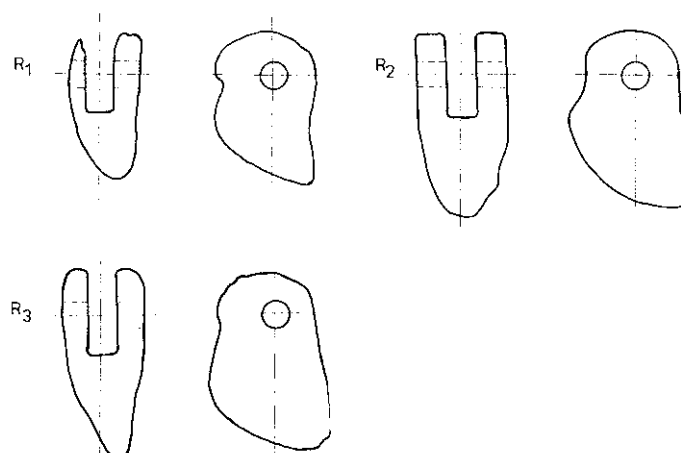
4. táblázat. A kalapács részeinek mechanikai jellemzői

Mintavétel helye	Szakítószilárdság N/mm ²	Folyáshatár N/mm ²	Nyúlás %	Ütmunka J/cm ²	Keménység HB
Kemény zóna	650	450	5	8	340
0,000000000000000000 0000000000000000F ülek mellett	500	350	8	12	200

5. táblázat. Örlési eredmények

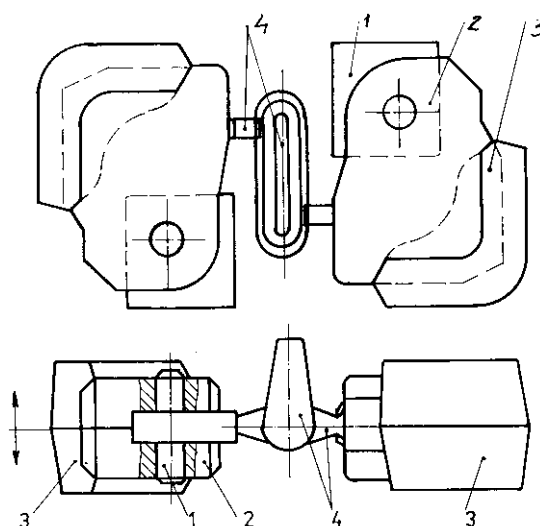
Megnevezés	A kalapácsok anyaga		
	OT 600-3	GGG-két füllel	GGG-egy füllel
Fajlagos kopás, g/t	15,5	8,4	6,5

Működési idő, óra	506	992	900
Szénhozam, t/h	31,7	32,53	40,92
A kalapács súlya, kg	34	34,5	29



4. ábra

A kalapácsok alakja kopás után a különböző sorból



5. ábra

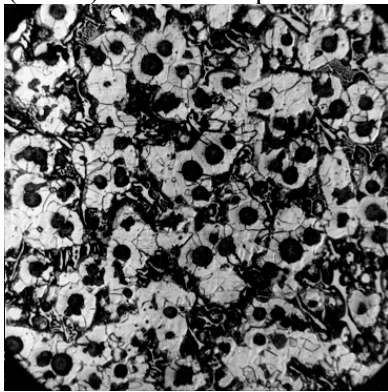
A kalapács öntési technológiája

1. *fülképző mag*
2. *kalapács*
3. *felüle keményítő fémforma*
4. *beömlő csatorna*

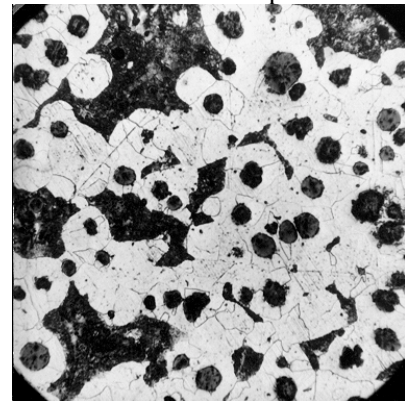
A hőkezelési technológia meghatározásáért az első típusú vasból szabványos mintákat öntöttünk. Különböző ausztenitizáló hőmérsékletnek vetettük alá 870–920°C között. A megeresztést 300–650°C-on végeztük izotermális fürdőben 2-8 órán keresztül. Hőkezelés után vizsgáltuk a minták szilárdsági jellemzőit és az alapszövetet. A 7. ábra a keménység és a szakítószilárdság változását szemlélteti a megeresztési hőmérséklet függvényében (a bénites vasnak megfelelő nagy szakítószilárdság érhető el). A kopásállóság növeléséhez szükséges nagyobb keménységek eléréséhez a megeresztést 500°C alatt kell végezni. Az optimális ausztenitizálási hőmérséklet 900°C a 8. és a 9. ábrán feltüntetett értékeknek megfelelően.

Az alapszövet változását elektronmikroszkóppal vizsgáltuk. Hőkezelés előtt a perlit erezete a 10. ábrán látható. A magas ausztenitizálási hőmérsékleten (920°C) és alacsony megeresztéssel (350°C) hőkezelt minták kemé-

nyek, alapszövetükben bénit és martenzit található (11. ábra). Alacsony hőmérsékleten (870°C) ausztenitizált gömbgrafitos vas alapszövege bénitet és ferritet tartalmaz (12. ábra) Megfelelő ausztenitizálással (900°C) és meg-eresztéssel (450°C) finomabb alapszövetű bénitet, ferritet és karbidokat tartalmazó vasat kapunk.



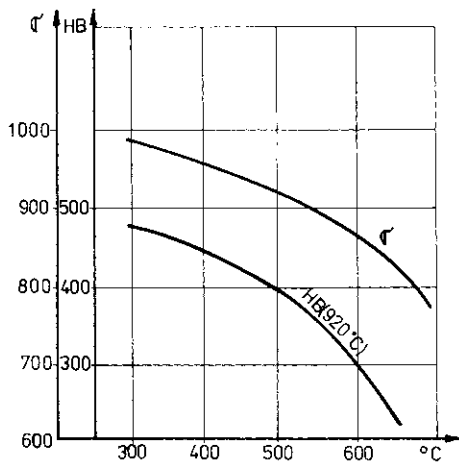
a)



b)

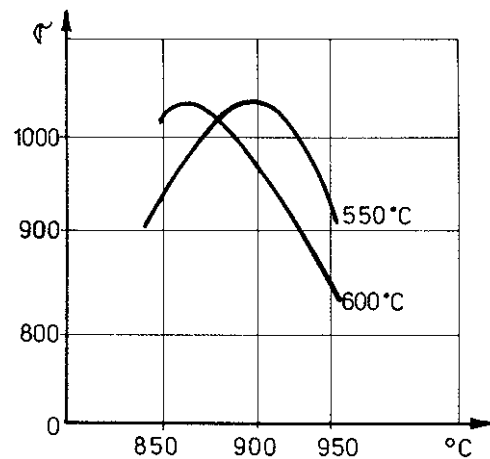
6. ábra

*A kalapács anyagának mikroszövege öntés után. Nagyítás 100x.
a. a fémforma mellett; b. a homokforma mellett*



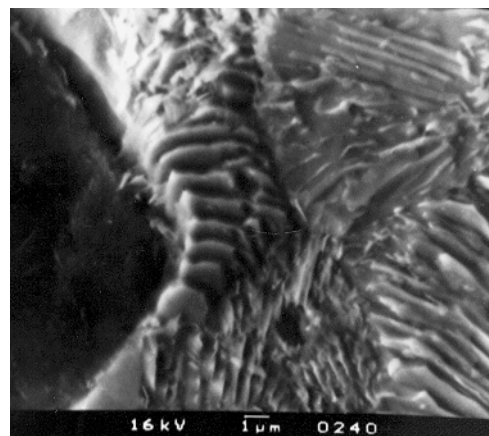
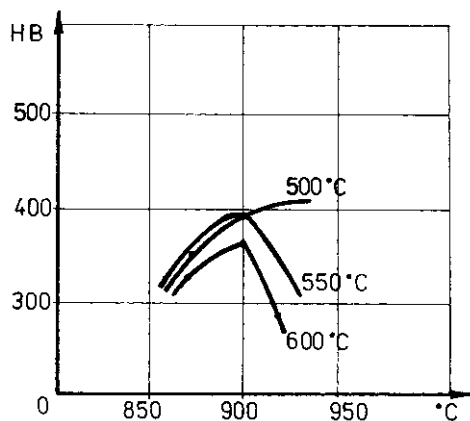
7. ábra

A keménység (HB) és a szakítószilárdság változása (σ) a megeresztési hőmérséklet függvényében



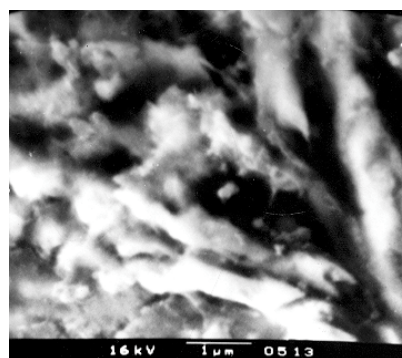
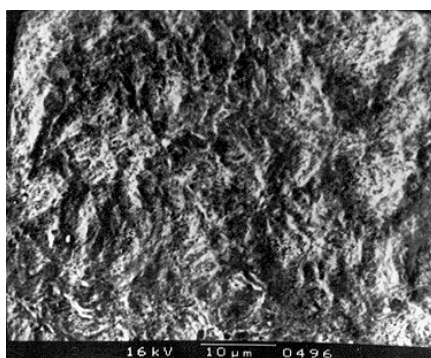
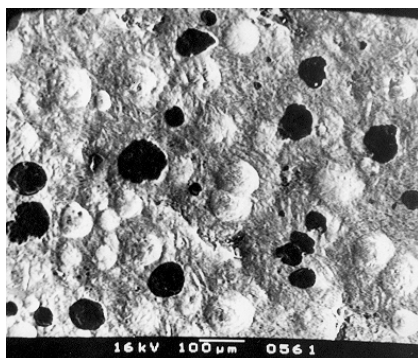
8. ábra

A szakítószilárdság változása az ausztenitizálási hőmérséklet függvényében különböző megeresztési hő mellett



9. ábra

A keménység változása az ausztenitizálási hőmérséklet függvényében különböző megeresztési hő mellett



10. ábra

A vas alapszöveve hőkezelés előtt. 1000x

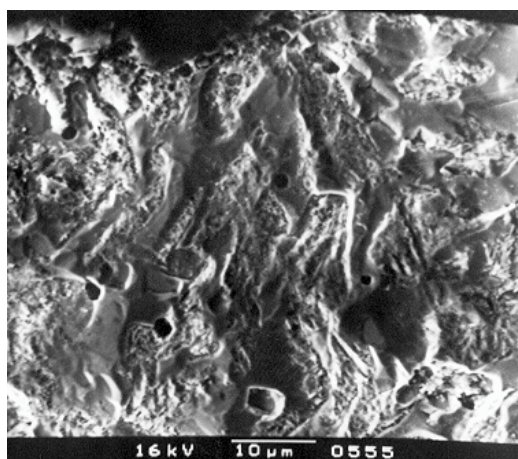
11. ábra

Magas fokú ausztenitizálással és alacsony megeresztéssel kapott bénites vas alapszöveve:

a. 200x

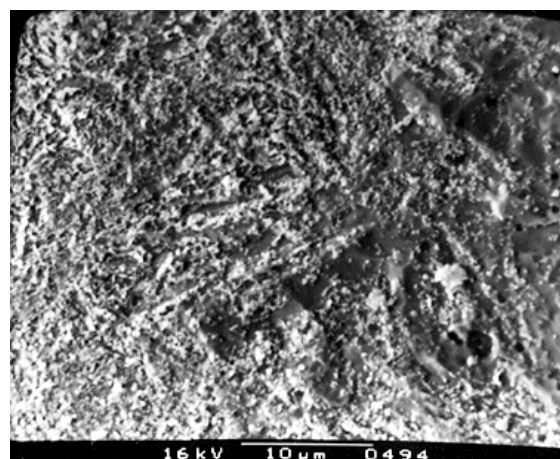
b. 3200x

c. 3000x



12. ábra

*A vas alapszöveve
870°C ausztenitizálás után. 3000x*



13. ábra

*A vas alapszöveve
900°C ausztenitizálás után. 4000x*

Összevetve a kapott szilárdsági jellemzőket és az alapszövetet, a következő megállapításhoz jutottunk:
a. Az ausztenitizálási hőmérséklet növelése az edzhetőséget hangsúlyozza, illetve a martenzit aránya és a keménység nő.

b. A primér karbidok átalakulásának veszélye nő az ausztenitizálási hőmérséklettel.

c. A megeresztési hőmérséklet növelésével a keménység csökken.

d. Ugyanazon megeresztési hőmérséklet mellett, de különböző ausztenitizálási hőmérsékletet alkalmazva nagyobb keménységet a magasabb ausztenitizálás esetében kaptunk.

A kalapácsok anyaga a kopáson kívül ütőmunkát is ki kell hogy bírjon. A 920°C ausztenitizálási és 500°C megeresztési hőmérsékleten kapott bénites vas ütőmunkája 6-7 J/cm². Kisebb megeresztési hőmérsékleten az ütőmunka 4 J/cm² alá csökken.

A fentiek alapján optimális technológiával kalapácsokat gyártottunk a kolozsvári Nehézipari Gyárban és üzembe helyezés után követték működési idejüket a borzešti hőerőműben és a galaci kombinátban. Mértük a kalapácsmalom őrlött szénben mért hozamát, a kalapács súlyát és az őrlés időtartamát. A kalapácsok fajlagos kopását (N₂) a következő képlettel számítottuk ki:

$$N_z = \frac{D_m}{G} \quad (g/t)$$

ahol: D_m – a kalapács kopás utáni súlyvesztése [gramm]

G – a megőrölt szén mennyisége [tonna]

A mérések eredményeit az 5. táblázat tartalmazza. A két illesztési füllel rendelkező kalapács 992 óra működés után 57,7%-ban kopott el, míg az egyfüles kalapács 900 óra után 45,9% kopást mutatott. Ez utóbbi kalapács működése egyben a legbiztonságosabb is volt.

Következésképpen a kalapácsok anyagának az ötvözött gömbgrafitos bénites vas jobban megfelel mint az acél. A dinamikus ütéseknek ellenáll és kopásállóbb, aminek eredményeképpen körülbelül ötször növeli meg a kalapácsmalom működési idejét. A malom dinamikájának megfelelő hőkezeléssel a működési idő tovább növelhető.

Könyvészet

- [1.] SOFRONI, L., RIPOȘAN, I., CHIRA, I., *Fonte albe rezistente la uzură*, Editura Tehnică, București, 1987
- [2.] DODD, I., PARKS, I.L., *Factorii care influențează performanțele pieselor cu pereți groși din fonte albe Cr-Mo*, In *Ciesserei-Praxis*, nr. 11-12, 1979, p. 181-201
- [3.] QUEIROZ, A., ș.a., *Proprietățile fontelor înalt aliate cu crom, aliate suplimentar cu W și V*, Lisabona, Al 5-lea Congres Internațional de Turnătorie, 1984
- [4.] I. VASILE., *Utilajul și tenica sudării*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979, p. 71