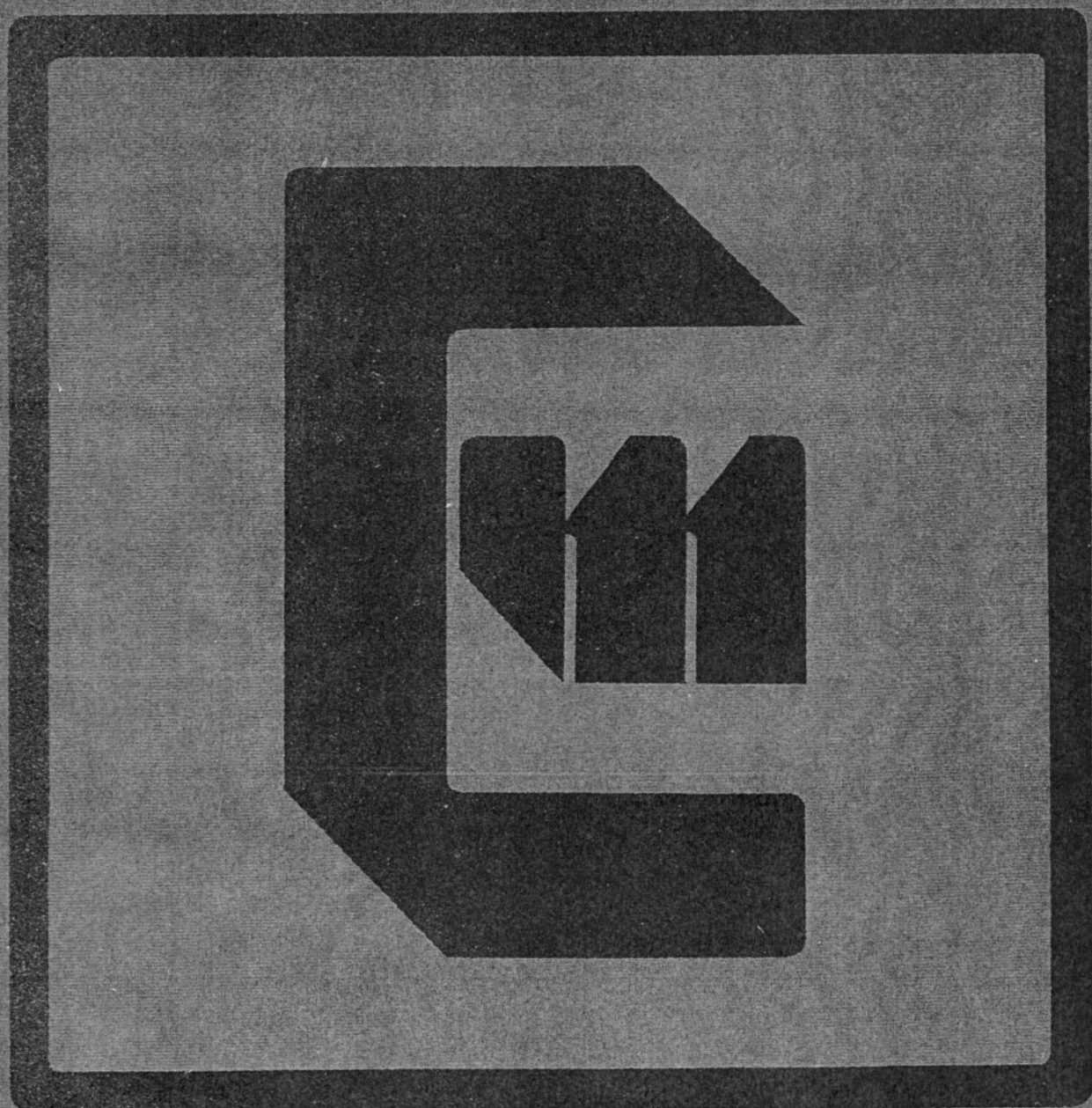


ELEKTRIČNA VOZILA

BIRO ZA AUTONOMNA ELEKTRIČNA VOZILA
INSTITUT TEHNIČKIH NAUKA
SRPSKA AKADEMIJA NAUKA I UMETNOSTI



BEOGRAD 1981

ELEKTRIČNA VOZILA

Biro za autonomna električna vozila
Instituta tehničkih nauka SANU

Beograd

1981

Autori:

- Dr Aleksnadar Despić, dipl. ing., redovni profesor
Tehnološko–metalurškog fakulteta u Beogradu,
redovni član Srpske akademije nauka i umetnosti,
dopisni član Slovenske akademije znanosti in umetnosti,
rukovodilac Biroa za AEV

- Dr Dragutin Dražić, dipl. ing., redovni profesor
Tehnološko–metalurškog fakulteta u Beogradu,
član Stručnog saveta Biroa za AEV i Mr. Strahinja Zečević
asistent Tehnološko–metalurškog fakulteta u Beogradu

- Dr Vladan Vučković, dipl. ing., naučni saradnik
Instituta „Nikola Tesla“,
vanredni profesor Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu,
rukovodilac II OOUR-a Instituta „Nikola Tesla“,
član Stručnog saveta Biroa za AEV.

- Dr Jovan Todorović, dipl. ing., redovni profesor
Mašinskog fakulteta u Beogradu,
direktor Instituta Mašinskog fakulteta i
predsednik Stručnog saveta Biroa za AEV.

Urednik: Mirjana Jevremović, dipl. ing.

Izdavač : Biro za autonomna električna vozila Instituta
tehničkih nauka Srpske akademije nauka i umetnosti,
Beograd, Knez Mihajlova 35.

Štampa: Jugoslovensko udruženje „Nauka i društvo“
11000 Beograd, B. Adžije 11a, tel.: 456-952

SADRŽAJ

1. A.R. Despić	
OPŠTI POGLED NA POLOŽAJ ELEKTRIČNIH VOZILA I RAZVOJ U PROTEKLOM PERIODU	1
2. V. Vučković	
O DANAŠNJEM STANJU RAZVOJA POGONSKIH SISTEMA ELEKTROMOBILA	13
3. D.M. Dražić, S.K. Zečević	
RAZVOJ HEMIJSKIH IZVORA STRUJE ZA POGON ELEKTRIČNIH VOZILA – PREGLED SKORAŠNJIH DOSTIGNUĆA	21
4. J. Todorović	
AKTUELNE RAZVOJNE AKTIVNOSTI U PODRUČJU ELEKTROVOZILA	33

OPŠTI POGLED NA POLOŽAJ ELEKTRIČNIH VOZILA DANAS I RAZVOJ U PROTEKLOM PERIODU

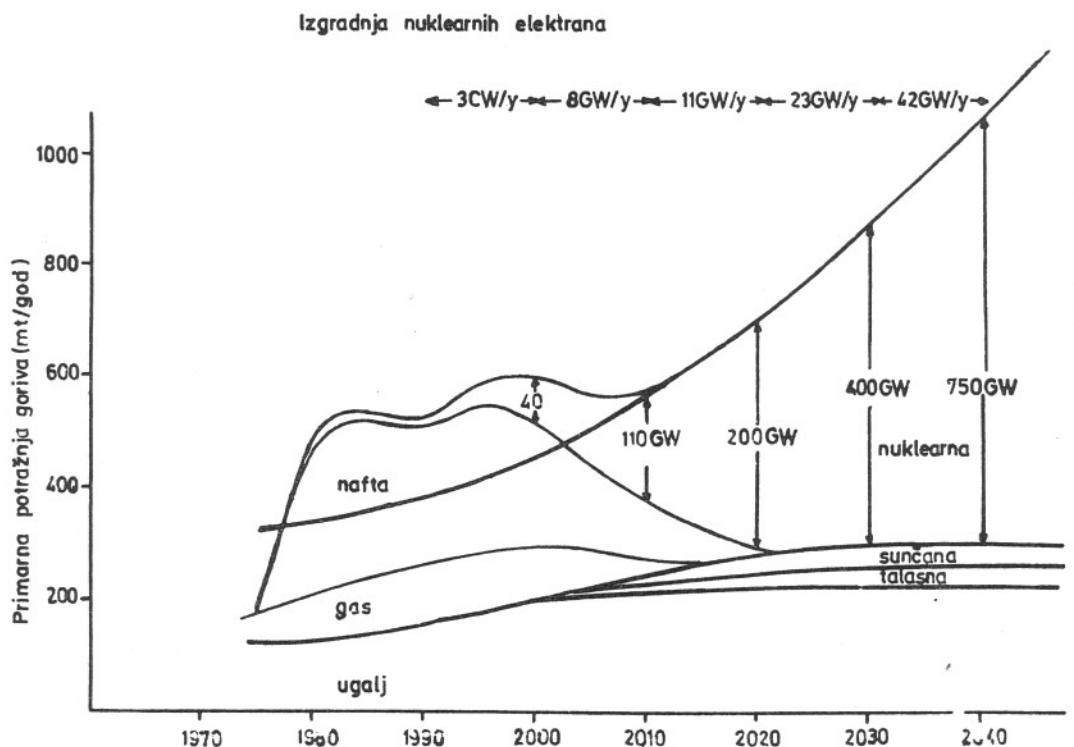
Pre tri godine Biro za autonomna električna vozila Srpske akademije nauka i umetnosti organizovao je prvi informativni skup pod naslovom „Električna vozila u svetu 1976 godine”. Na tom skupu predstavljena je problematika razvoja autonomnih električnih vozila i napredak u prihvatanju ideje o njihovom postojanju i značaju uloge koji ona treba da imaju u saobraćaju i transportu budućnosti.

Sa uverenjem da su taj skup i publikacija koja je usledila, odigrali pozitivnu ulogu u popularizaciji električnih vozila u nas, Biro je zaključio da bi bilo korisno da se takav skup ponovi i naša javnost upozna sa novostima na ovom području i razvojem do koga je došlo u proteklom trogodišnjem periodu.

Može se reći da je u tome periodu, razvoj električnih vozila dobio nove podsticaje.

Energetska kriza i električna vozila

Problemi vezani za ograničenost količina osnovne sirovine na kojoj su zasnovani praktično celokupni saobraćaj i transport danas—nafta, počinju postepeno ali stalno, sve više da dolaze do izražaja. Kao primer ove ograničenosti može da posluži sl. 1, koja prikazuje energetske potrebe Velike Britanije do 2050 godine. Vidi se nagli pad korišćenja nafte, koji je posledica potpunog iscrpljenja izvora posle 2020 godine.



Sl. 1

Nadoknada, kao što se vidi, može se naći samo u nuklearnoj energiji, te se prema tome sa njom mora računati kao sa neophodnom neminovnošću, i može se smatrati srećnom okolnošću da je upotrebom te energije u mirnodopske svrhe ovladano u pravo vreme. U protivnom bi energetska kriza imala katastrofalne posledice. Pregled svetskih rezervi fosilnih goriva dat je na tabeli 1. Vidi se da se sa naftom može računati tokom 37 godina¹. Posledice svesti o skorom nestanku ove sirovine već su počele da joj daju sve veću vrednost i da je čine važnim elementom u međunarodnim odnosima, sa kojim se operiše u svetskoj politici. Mada se verovalo da će se cena nafte

	ukupne iskoristive rezerve (mlrd. tona)	Potrošnja 1974 (mlrd. tona)	Trajanje rezervi u godinama (uz predpostavku rasta od 4%)
nafta	396	4.8	37
gas	291	1.9	51
ugalj	5482	2.9	110
uran			
(i) termalni reaktori	100	—	(oko 30)
(ii) brider reaktori	4984	—	(oko 100)

Tabela 1.

održavati na manje više istom nivou sve dok njeno iscrpljenje ne postane očigledno, upravo ova svest i politički element koji se upliće u svetsku trgovinu ovom sirovinom dovodi do stalnog povećanja cene i već izraženih pojava njene nestašice na tržištu. U roku od samo 6 godina od 1973 do danas, cena sirove nafte porasla je 5,4 puta. Mi sami smo svedoci uticaja ovih činjenica i na našu sredinu. Aktuelna nestašica benzina samo je prvi nagoveštaj nailazeće duboke krize.

Prvi put se dešava da niko ne kaže da je ta nestašica posledica unutrašnjih slabosti u organizaciji proizvodnje i tržišta. Naglašava se da je to posledica disproporcije između porasta potrošnje i naših mogućnosti uvoza, disproporcije koja može samo da se dalje uvećava. Toga pre tri godine nije bilo.

Malo je mesta za sumnju, dakle, da ćemo vrlo skoro biti suočeni sa potrebom da tražimo druge vidove pogonske energije za saobraćaj i transport.

Tu naravno, postoji više alternativa. Najjednostavnije rešenje je — adaptirati motor sa unutrašnjim sagorevanjem tako da može da troši neku drugu vrstu goriva. Takve adaptacije već, postoje i bile su korišćene u časovima benzinske krize. Za vreme II svetskog rata, lično sam video na beogradskim ulicama kamion koji je za pogon trošio drva (tj. vodeni gas proizveden polivanjem usijanog ćumura vodom). Mnogo modernije adaptacije pokazale su mogućnost korišćenja zemnog gasa, vodonika, metilalkohola i drugih organskih tečnosti.

Drugu grupu alternativa predstavljaju različiti elektropogoni. Jedna grupa istraživača u Engleskoj izradila je vrlo detaljnu komparativnu analizu vrednosti pojedinih alternativa i verovatnoće njihovog prodiranja u domen masovnog korišćenja².

Ova analiza je pokazala da od svih alternativa sa sintetskim gorivima šanse u doglednoj budućnosti imaju samo tečni proizvodi hemijske prerade uglja—metanol i „syncrude”. Oni će sigurno i dobiti značajnu ulogu u pogonu transportnih i saobraćajnih sredstava koja traže velike snage (teški kamioni, avioni) jednom kada nafte nestane.

Danas, međutim elektro—pogon ima sve prednosti osim dometa koje se vozilom može postići između dva punjenja, što predstavlja mnogo manje kritičan problem nego što izgleda. Mnogo prostora u našoj svakodnevnicu ima za vozila malog dometa. Statistike nedvosmisleno pokazuju da najveći procenat saobraćaja i transporta uzima gradski saobraćaj sa relativno niskim dnevnim rutama. To se već danas može zadovoljiti elektrovozilima, te se kao osnovno aktuelno pitanje postavlja pitanje njihove ekonomičnosti.

Ekonomika električnih vozila

Dva faktora bitno utiču na ekonomičnost: cena koštanja vozila, koja određuje troškove amortizacije, interesa na kredit pa i troškove osiguranja, i troškovi pogona i održavanja.

Električna vozila su nesumnjivo skuplja od današnjih motornih vozila i izgledi su da će to tako ostati i u doglednoj budućnosti. Međutim, njihovo održavanje je znatno jeftinije, a pogotovu je jeftinije njihovo „pogonsko gorivo” — električna energija.

Zanimljivo je pogledati procenu godišnjih troškova pogona, izvršenu u navedenoj studiji, prema cenama iz 1975. godine, prikazanu u tabeli 2. Vidi se da je u to vreme, uzimajući u obzir tadašnju cenu benzina, troškovi

	Tečna goriva		Elektro-vozila	
	Današnji benzin	Povećana cena benzina	olovni akumulatori	N./S Baterije
Kapitalni troškovi (Lstg)				
vozilo	1.600	1.600	1.800	1.800
baterije	—	—	1.200	800
Ukupno	1.600	1.600	3.000	2.600
Troškovi pogona (Lstg)				
gorivo (bez takse)	150	240	59	23
održavanje	95	95	45	40
osiguranje	90	90	170	150
drumarina	40	40	40	40
amortizacija	160	160	360	220
gubitak na interes (8% god.)	128	128	240	208
Ukupni godišnji troškovi (Lstg)	663	753	914	681

Tabela 2.

današnjeg električnog vozila, koje mora da koristi olovne akumulatore kao izvor energije, trebalo da budu 38% veći od troškova za današnji automobil, i to isključivo zbog znatno veće cene koštanja koja uslovljava visoku amortizaciju, pa čak i znatno više troškove osiguranja.

Međutim, od tada pa do danas cena nafte povećala se za 40%. Ako se to uzme u obzir izlazi da se ova razlika smanjuje na 26%.

Situacija se i kod ovakvog poređenja znatno menja u relativno skoroj budućnosti (oko 1990) kada će se moći koristiti novi izvori struje. Ovde je načinjena pretpostavka da je najperspektivniji izvor baterija natrijum-sumpor. Autori su pretpostavili da će cena benzina relativno blago da raste (60% za 15 godina) što već danas izgleda neosnovano. Pa i tako poređenje za vozila budućnosti daje prednost elektro-pogonu. Pored i dalje značajne razlike u ceni vozila, godišnji troškovi izlaze 10% manji.

Ovo poređenje, međutim, nije sasvim realno upravo zbog pretpostavke da performanse električnog vozila danas, odnosno obe vrste vozila u budućnosti treba da budu iste kao performanse, današnjih automobila. Sazreva saznanje da je vreme današnjih snažnih i brzih mašina na našim putevima, na žalost, na zalasku. One su proizvod jednog doba kada se, bar u odnosu na energiju i njene izvore, čovečanstvo rasipnički ponašalo.

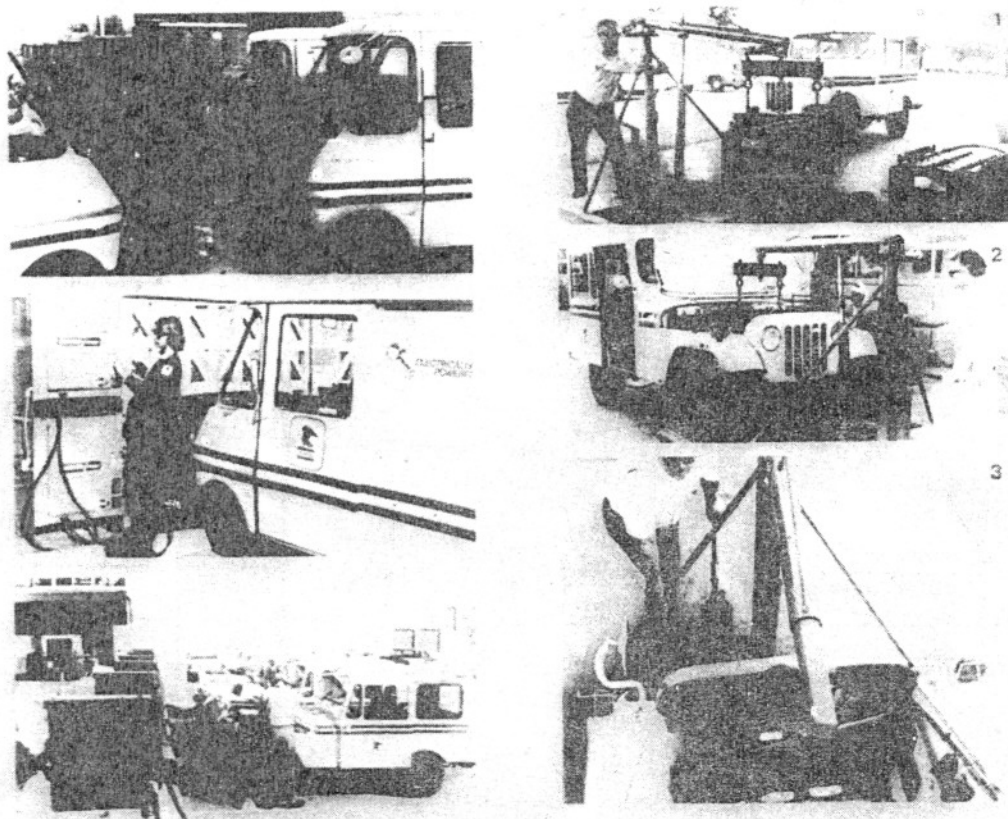
Najnovije mere Saveznog izvršnog veća o ograničenju brzine kretanja vozila, podsećaju nas da povećanje brzine vozila preko određene granice dovodi do neproporcionalno velikog povećanja potrošnje goriva, koje svakako nije neophodno a sa stanovišta bezbednosti je čak i nepoželjno.

Ako se performanse smanje, a da ipak ostanu u prihvatljivim okvirima, i ako se uzme u obzir još i činjenica da pri čestim stajanjima u gradskoj vožnji električna vozila na suprot automobilu ne troše energiju kao i da se izvesna ušteda u energiji postiže regenerativnim kočenjem, onda ekonomika električnih vozila već danas pokazuje prednosti nad ekonomikom vozila koje danas široko koristimo.

Dobar primer za ovakvu tvrdnju predstavlja iskustvo pošte SAD. Ova služba nabavila je 1975. godine 29.773 obična i 383 električna džipa. Elektro-džipovi nisu naročito privlačna vozila, s obzirom da koštaju dvaputa više od običnih te da im je maksimalna brzina 53 km/h a domet između dva punjenja baterija oko 50 km.

Međutim, iskustvo proteklih godina pokazalo je da su ova vozila znatno ekonomičnija od konvencionalnog džipa. Računajući sve troškove, uključujući amortizaciju i opravke (rezervne delove), eksploatacija običnih džipova koštala je 1495.7 dolara, a eksploatacija elektrodžipova 27,4 dolara manje. Ovo znači da bi prelazak pošte na elektrodžipove doneo uštedu od oko 4 miliona dolara godišnje.

Ovakvo pozitivno iskustvo dalo je podsticaj za uvođenje i drugih tipova vozila koja se koriste u poštanskoj službi. Sl. 2 prikazuje električna vozila u poštanskoj službi. To otvara dosta prostrano tržište. Treba imati u vidu da pošta SAD koristi oko 200.000 vozila. Islužena vozila se zamenjuju tempom od 12.000 do 15.000 vozila godišnje. Analiza je pokazala da postoji najmanje 30.000 dnevnih ruta koje mogu da se efikasno opslužuju električnim vozilima. Dakle odluka o kupovini odnosi se u ovom trenutku na 1000 vozila u sledećoj godini. Međutim, ako i dalje iskustva budu ovako pozitivna predviđa se kupovina od 5000 vozila godišnje³.



Sl. 2

Stanje razvoja u oblasti električnih vozila u razvijenim zemljama

S obzirom na danas već nesporne i nesporene perspektive električnih vozila, u mnogim zemljama vrši se organizovan pokušaj razvoja raznih vrsta vozila i njihovog uvođenja u svakodnevnu upotrebu. Zanimljivo je stoga baciti pogled na situaciju u najrazvijenijim zemljama danas. Ovo je omogućeno jednim posebnim događajem koji se odigrao septembra meseca 1978. godine i koji je dao mnogo novog materijala na kome će se zasnovati najveći deo podataka i na našem skupu. To je bio 5-ti Internacionalni simpozijum o električnim vozilima, održan u Filadelfiji (SAD) sa pratećom svetskom izložbom ovih vozila, na kojoj su se okupili praktično svi značajniji proizvođači sveta.

Analizirajući ono što je tamo bilo rečeno i izloženo može se reći da najveći i najorganizovaniji društveni napor u pravcu zamene konvencionalnih vozila električnim vozilima čine SAD. Kao što je već bilo ovde saopšteno, septembra 1976. donet je od strane kongresa Akt o demonstraciji električnih i hibridnih vozila, koji predstavlja poziv zainteresovanim da podnesu dokaze o svojoj aktivnosti ili svojim namerama na tome području, da bi dobili državnu materijalnu podršku. Za ovo su izdvojena sredstva od 160 miliona dolara. Iza ovakve intervencije države stoji vrlo čvrsta logika. Samo u 1977. godini deficit u platnom bilansu prema zemljama izvoznicama nafte iznosio je 50 milijardi dolara. Polovina celokupne potrošnje nafte u SAD ide u saobraćaj i transport. S druge strane postoje veliki viškovi u proizvodnom kapacitetu elektroenergetskog sistema s obzirom da on mora biti dimenzionisan na vršnu potrošnju, te veliki deo vremena, poglavito noću, ostaje neiskorišćen. Na primer, samo u oblasti Čikaga razlika između dnevne i noćne potrošnje električne energije iznosi 2000 megavata. To je dovoljno da se tokom noći snabde energijom pola miliona vozila³. Kada se ovakva analiza sprovede za celu teritoriju SAD, izlazi da, kada bi bilo moguće da ceo saobraćaj odjednom pređe na električni pogon, SAD bi se oslobodile polovine uvoza nafte a da pri tom skoro ne bi bilo potrebno uvećavati kapacitete elektroenergetskog sistema. Što se tiče budućnosti Federalna komisija za energiju je proračunala: ako bi na drumovima SAD 1990. bilo 20 miliona električnih vozila ona bi trošila godišnje 62 miliona megavatčasova. To iznosi svega 1% od projektovane proizvodnje električne energije za tu godinu, te ni na koji način nema izgleda da uznemiri sistem.

U navedenom pozivu bilo je predviđeno da država otkupi 1978. godine 200–400 vozila, 1979–600 komada, 1980–1700 komada i najzad od 1981 do 1984–7.500 komada.

Ovo je predstavljalo značajan podsticaj za proizvođače, te se od našeg prošlog skupa do danas značajno umnožio broj prototipova svih vrsta, odnosno neki tipovi koji su bili prisutni u vreme donošenja Akta, dobili su

svoju drugu i treću generaciju. U kategoriji putničkih vozila to se dogodilo na pr. sa vozilom nazvanim City-Car (sl.3), kompanije Sebring-Vanguard, koje je prikazano i prošli put. Do danas je prodato 2000 komada ovih vozila privatnim vlasnicima. U novoj verziji (City-Car II) ona imaju aerodinamičniju liniju i postižu maksimalnu brzinu od 71 km/h, a imaju domet od 85–96 km.



Sl. 3

Vredno je napomenuti da pri današnjim cenama električne energije i benzina, sa oko 0.18 kwh/km vožnja ovim elektromobilom košta 0.93 ¢ /km, u poređenju 3.26 ¢ /km za konvencionalni automobil.

Od brojnih danas postojećih modela putničkih električnih vozila, neka će biti prikazana u poslednjem referatu.

SAD predstavljaju ogromno tržište i za laka dostavna vozila. Računa se da danas ima u službi oko 3.5 miliona ovih vozila od kojih oko 2.800.000 (odn. 81%) obavljaju poslove u gradovima. Iz toga razloga 4 velike kompanije već su izradile niz modela koji se nalaze u intenzivnim ispitivanjima (Batronic Truck Corporation, Electric Vehicle Associates (EVA), Jet Industries, AM General). Neka od ovih vozila postižu brzinu od oko 90 km/h i domet od 100–160 km. U jednoj varijanti (dostavno vozilo „Carouche”) električnom pogonu dodat je mali benzinski motor za kosačice trave od 5 KS. Ovakav hibridni pogon obezbedio je domet od 320 km.

Slična je situacija sa autobusima. Bilo bi nemoguće u ovako kratkom izlaganju pomenuti sve postojeće tipove. Treba međutim, reći da su mnogi autobusi već aktivno uključeni u saobraćaj u mnogim gradovima te da su sa njima stečena značajna iskustva od kojih se neka sakupljaju već 5 godina. Oni su vrlo dobro prihvaćeni od publike, do te mere da, kada se u saobraćaj u časovima vršnog opterećenja uključe obični autobusi, publika pokazuje težnju da ove izbegava⁵.

Posle SAD na vrhu liste zemalja koje danas aktivno učestvuju u razvoju električnih vozila nalazi se Japan. Kada je u pitanju broj novih tipova vozila i napredak u njihovom razvoju, može se reći da se Japan nalazi čak na prvom mestu, ispred SAD. Nekoliko tipova japanskih vozila prikazano je na sledećoj slici (sl. 4). Japanski EV program započeo je još 1971. godine, vladinom materijalnom podrškom u iznosu od 19 miliona dolara. To je razumljivo ako se uzme u obzir da je Japan najveći svetski uvoznik nafte, s obzirom da nema sopstvenih izvora.

Tri velike kompanije, Toyota, Nissan i Mitsubishi stvorile su Japansku Asocijaciju za električna vozila. U drugoj generaciji vozila (od 1976) četiri tipa putničkih i lakih dostavnih vozila opremljenih sa 7 različitih tipova olovničkih akumulatora ispitivano je u uslovima gradske i prigradske vožnje i postizao se domet od 80–100 km. Osim ovoga Daihatsu, Mitsubishi, Toyota i Mazda sopstvenim sredstvima razvili su 10 tipova kamioneta a još 10 tipova razvile su manje električne i automobilske kompanije.

Lucas Electric Vehicle Systems

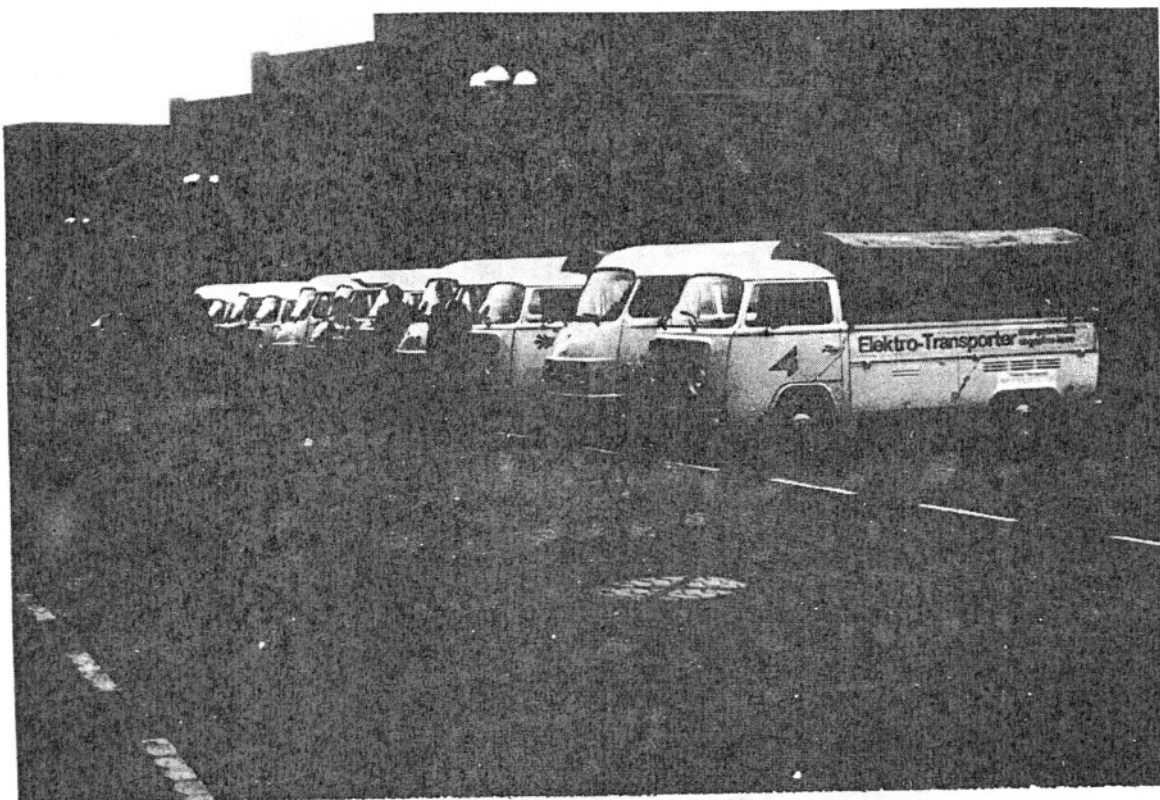


SI. 5



SI. 6

Najznačajniji događaj u Nemačkoj je svakako najava Folksvarena da ulazi u masovnu proizvodnju dostavnih elektro-kombija (sl.7). Osobine ovog vozila detaljno su opisane prošli put. Nema sumnje da je od tada ono doživelo niz korisnih unapređenja.

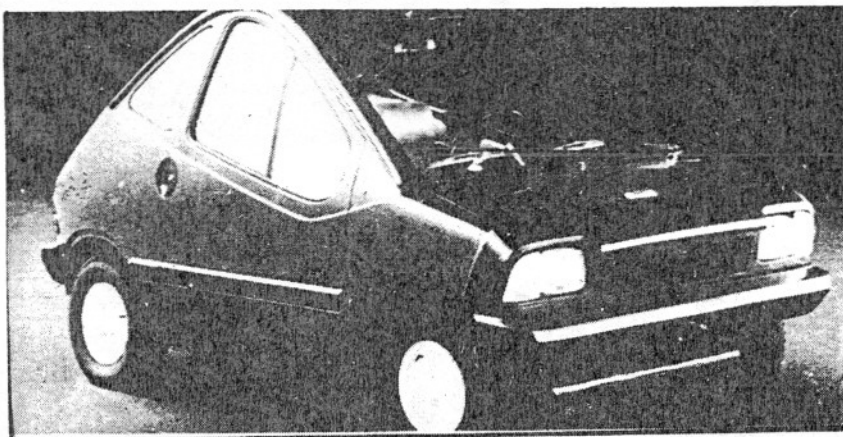


Sl. 7

Najzad, možda najzanimljivijim pokazuje se razvoj u oblasti električnih vozila u susednoj Italiji. Treba navesti nekoliko momenata:

a) u proteklom periodu načinjeno je nekoliko vrlo korisnih studija: izvršena je detaljna analiza tehničkih i ekoloških zahteva i njihovog uticaja na istraživanje, proizvodnju i korišćenje električnih vozila⁸; data je prognoza mogućih performansi gradskog dostavnog vozila u svetlosti napretka u razvoju baterija⁹; pokazano je da se znatno povećanje dometa električnih vozila može postići ako se izvrši optimizacija vožnje programiranjem akcija koje je moguće kompjuterizovati¹⁰.

b) Fiat je razvio malo putničko vozilo $x_{1/23}$, koje predstavlja remek-delo modernog dizajna (sl.8). Ovaj dvosed postiže brzinu od 76 km/h i domet od 72 km.



Sl. 8

c) Posebnu zanimljivost predstavlja novi poduhvat kopanije Progetti Gestioni Ecologiche, koja najavljuje kompjuterizovani sistem stanica za rentiranje vozila i punjenje akumulatora. Zainteresovani građanin treba da obezbedi kreditnu karticu. Stavljajući tu karticu u automat na jednom od više mesta u gradu on može da otkači električno vozilo od stuba za punjenje, vozi ga po gradu i ostavi na bilo kom drugom sličnom mestu, koje je unapred najavio da bi se rezervisao parking. Kompjuter preuzima registrovanje imena i broja konta, beleži mesto na kome će se ostaviti vozilo i posle vožnje obračunava vreme i kilometražu te račun šalje banci u kojoj građanin ima konto.

Velika prednost ovakvog sistema je u tome da građanin ne mora da kupi vozilo, niti da brine o njegovom održavanju. Sve to on plaća prema pređenom kilometru. Ovakav sistem ne samo da je vrlo praktičan već ima i izvesne socijalne implikacije. Jedna ovakva stanica već je postavljena u Padovi i prva iskustva su vrlo dobra.

Električna vozila u našoj zemlji.

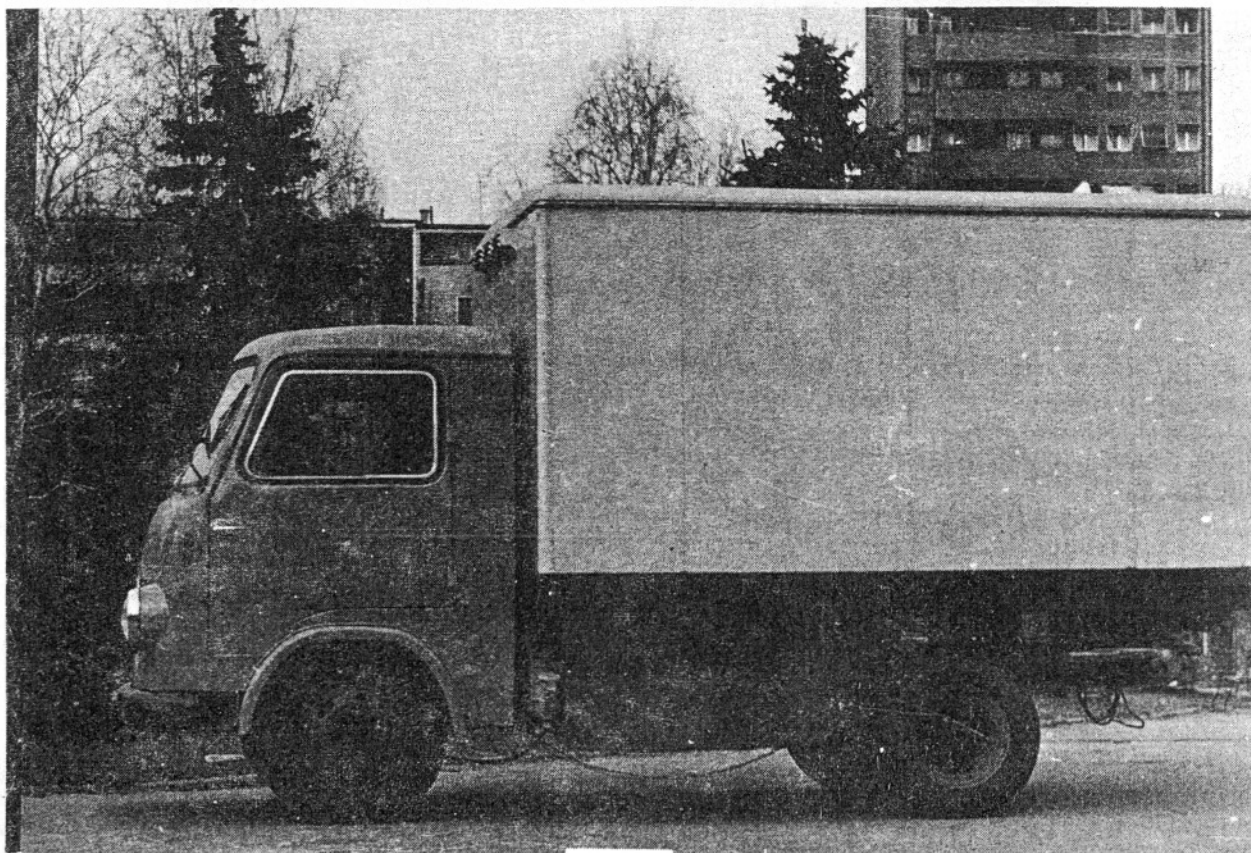
Treba reći da je svest o značaju električnih vozila za saobraćaj i transport budućnosti dovela još 1974. godine do osnivanja Biroa za autonomna električna vozila u okviru Instituta tehničkih nauka Srpske akademije nauka i umetnosti samoupravnim sporazumom 5 privrednih organizacija i 5 naučno-istraživačkih ustanova. Osnovni zadatak Biroa jeste širenje te svesti u našoj sredini i ovaj skup predstavlja jedan primer takve aktivnosti. Biro ima organizovanu informativnu službu koja prenosi našim zainteresovanim stručnjacima sve novosti iz sveta koje mogu da imaju značaja za ovaj razvoj.

Međutim, glavna aktivnost Biroa treba da bude iniciranje i organizovanje akcija koje bi dovele do uvođenja električnih vozila u našu svakodnevnicu. S tim ciljem Biro je preduzeo radove na nekoliko istraživačkih projekata.

Ovde ćemo predstaviti samo jedan od tih koji je imao za rezultat stvaranje prvog jugoslovenskog eksperimentalnog električnog vozila uz vodeću ulogu referenata na prošlom i današnjem skupu.

Osnovni cilj bio je da se našoj sredini pokaže da je moguće ostvariti električno vozilo korišćenjem, gotovo isključivo, proizvoda naše industrije, te da se steknu prva iskustva o problemima sa kojima se mora sresti u korišćenju ovakvog vozila.

U pitanju je vozilo za dostavu hleba prikazano na sledećim slikama (sl.9 i 10). Ono je izrađeno adaptacijom vozila TAM 2000 kakvo se svakodnevno viđa na našim ulicama.



Sl. 9



Sl. 10

Materijalnu pomoć za ovu akciju dala je naša industrija. Mlinsko—pekarska industrija, Beograd, stavila je bez naknade na raspolaganje jedno od svojih isluženih vozila, a takođe bez naknade, preduzeće Gorenje—Sever iz Subotice konstruisalo je i izradilo osnovni element pogona—elektromotor, Fabrika akumulatora Trepča iz Kosovske Mitrovice obezbedila je bateriju olovnih akumulatora kao izvor energije, TAM — Maribor dao je delove koje je bilo potrebno zameniti, Fabrika vagona Kraljevo izradila je ojačane gibnjeve i najzad "Tigar" iz Pirota dao je nove gume.

Institut Mašinskog fakulteta izvršio je rekonstrukciju vozila, Institut za elektrohemiju projektovao je bateriju a Institut Nikola Tesla izradio je centralni deo ovog pogona — elektronski regulator snage, po originalnom projektu prof. Vučkovića i Miljanića.

Danas možemo reći da ne možemo biti zadovoljni performansama ovog vozila mada se domet od 60 km koji postiže može smatrati sasvim zadovoljavajućim. Ono je, međutim, odigralo izvanredno važnu ulogu, pokazavši da je takvo ostvarenje kod nas moguće, samo ako se udruže snage naše privrede i naših stručnjaka. To danas i jeste osnovni zadatak Biroa u kome, mora se reći, još nema daljih uspeha. Ipak ima osnova za nadu da svest o neophodnosti našeg uključenja u svetske tokove prodire u našu sredinu, te da će tu svest pratiti i voljnost da se u ovom pravcu usmere sredstva neophodna za dalja ostvarenja.

Na planu popularizacije električnih vozila učinjen je kod nas još jedan potez — prošle godine osnovan je Beogradski amaterski elektromobilski klub. On do sada nije razvio neku aktivnost što je uslovljeno nizom objektivnih okolnosti. Međutim, ima mesta uverenju da on predstavlja jezgro oko koga će se okupljati budući vozači elektromobila jednog dana kada to postane svakodnevica.

c) Posebnu zanimljivost predstavlja novi poduhvat kopanije Progetti Gestioni Ecologiche, koja najavljuje kompjuterizovani sistem stanica za rentiranje vozila i punjenje akumulatora. Zainteresovani građanin treba da obezbedi kreditnu karticu. Stavljajući tu karticu u automat na jednom od više mesta u gradu on može da otkaçi električno vozilo od stuba za punjenje, vozi ga po gradu i ostavi na bilo kom drugom sličnom mestu, koje je unapred najavio da bi se rezervisao parking. Kompjuter preuzima registrovanje imena i broja konta, beleži mesto na kome će se ostaviti vozilo i posle vožnje obračunava vreme i kilometražu te račun šalje banci u kojoj građanin ima konto.

Velika prednost ovakvog sistema je u tome da građanin ne mora da kupi vozilo, niti da brine o njegovom održavanju. Sve to on plaća prema pređenom kilometru. Ovakav sistem ne samo da je vrlo praktičan već ima i izvesne socijalne implikacije. Jedna ovakva stanica već je postavljena u Padovi i prva iskustva su vrlo dobra.

Električna vozila u našoj zemlji.

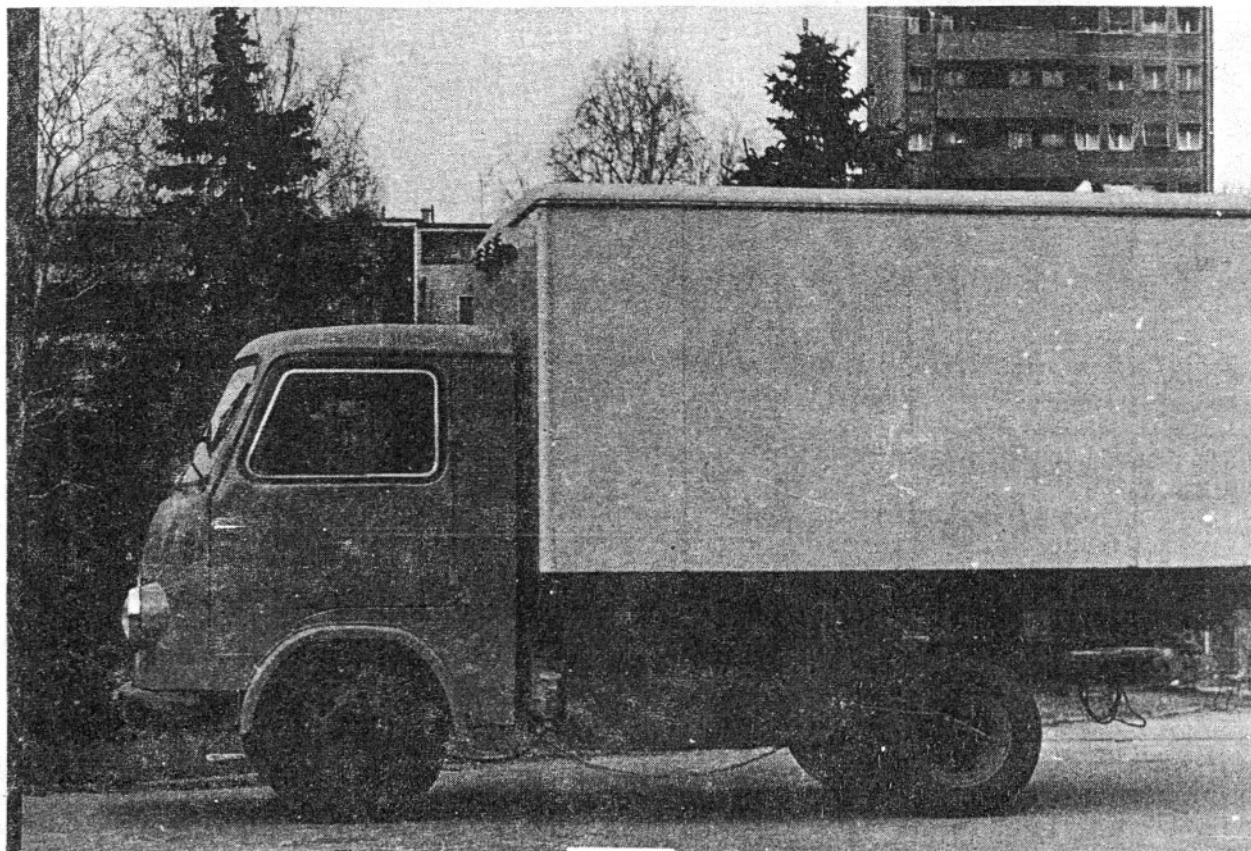
Treba reći da je svest o značaju električnih vozila za saobraćaj i transport budućnosti dovela još 1974. godine do osnivanja Biroa za autonomna električna vozila u okviru Instituta tehničkih nauka Srpske akademije nauka i umetnosti samoupravnim sporazumom 5 privrednih organizacija i 5 naučno—istraživačkih ustanova. Osnovni zadatak Biroa jeste širenje te svesti u našoj sredini i ovaj skup predstavlja jedan primer takve aktivnosti. Biro ima organizovanu informativnu službu koja prenosi našim zainteresovanim stručnjacima sve novosti iz sveta koje mogu da imaju značaja za ovaj razvoj.

Međutim, glavna aktivnost Biroa treba da bude iniciranje i organizovanje akcija koje bi dovele do uvođenja električnih vozila u našu svakodnevnicu. S tim ciljem Biro je preduzeo radove na nekoliko istraživačkih projekata.

Ovde ćemo predstaviti samo jedan od tih koji je imao za rezultat stvaranje prvog jugoslovenskog eksperimentalnog električnog vozila uz vodeću ulogu referenata na prošlom i današnjem skupu.

Osnovni cilj bio je da se našoj sredini pokaže da je moguće ostvariti električno vozilo korišćenjem, gotovo isključivo, proizvoda naše industrije, te da se steknu prva iskustva o problemima sa kojima se mora sresti u korišćenju ovakvog vozila.

U pitanju je vozilo za dostavu hleba prikazano na sledećim slikama (sl.9 i 10). Ono je izrađeno adaptacijom vozila TAM 2000 kakvo se svakodnevno viđa na našim ulicama.



Sl. 9

LITERATURA:

1. „World Energy Resources: Present Position and Prospects” NEC paper, Department of Energy, June 1976.
2. P. Chapman, G. Charlesworth, M. Baker (Energy Research Group—Open University) „Future transport fuels” Transport and Road Research Laboratory, Department of Environment Supplementary Report 251.
3. „Battery-powered Electric Vehicles – State of the Art 1978”, Lead Industries Association Inc. New York, 1978.
4. P.J. Brown, The United States Electric and Hybrid Vehicle Program, paper 781101 (E), V Intern. Electric Vehicle Symp., Philadelphia 1978.
5. R.G. Loughlin, Electric Bus Operating Experience at Roosevelt Island, New York, paper 781206 (E), V Intern. Electric Vehicle Symp. Philadelphia, 1978.
6. M. Pornin, Cooperation Agreement Between Three European Electricity Producers and Distributors for Promoting the Development of Electric Vehicles, paper 781106 (E), V. Intern. EV Symp. Philadelphia, 1978.
7. J. Lys, The French Policy for the Development of Electric Vehicles, paper 781104 (E), V. Intern. EV Symp. Philadelphia 1978.
8. W. Boldrini, G. Petrecca, E. Basagni, V. Braudani, G. Orsi, The Electric Vehicle: Technical and Ecological Research, Production and Utilization paper 781201 (E), V. Intern. Electric Symp., Philadelphia 1978.
9. P. Hanga, Near – Term Performance of Electric City Vans, 784101 (E), V. Intern. EV Symp. Philadelphia, 1978.
10. F. Di Maio, Range Increase of Electric Battery Vehicles through Research of the Optimal Running Law, paper 782307 (E), V. Intern. EV Symp. Philadelphia, 1978.

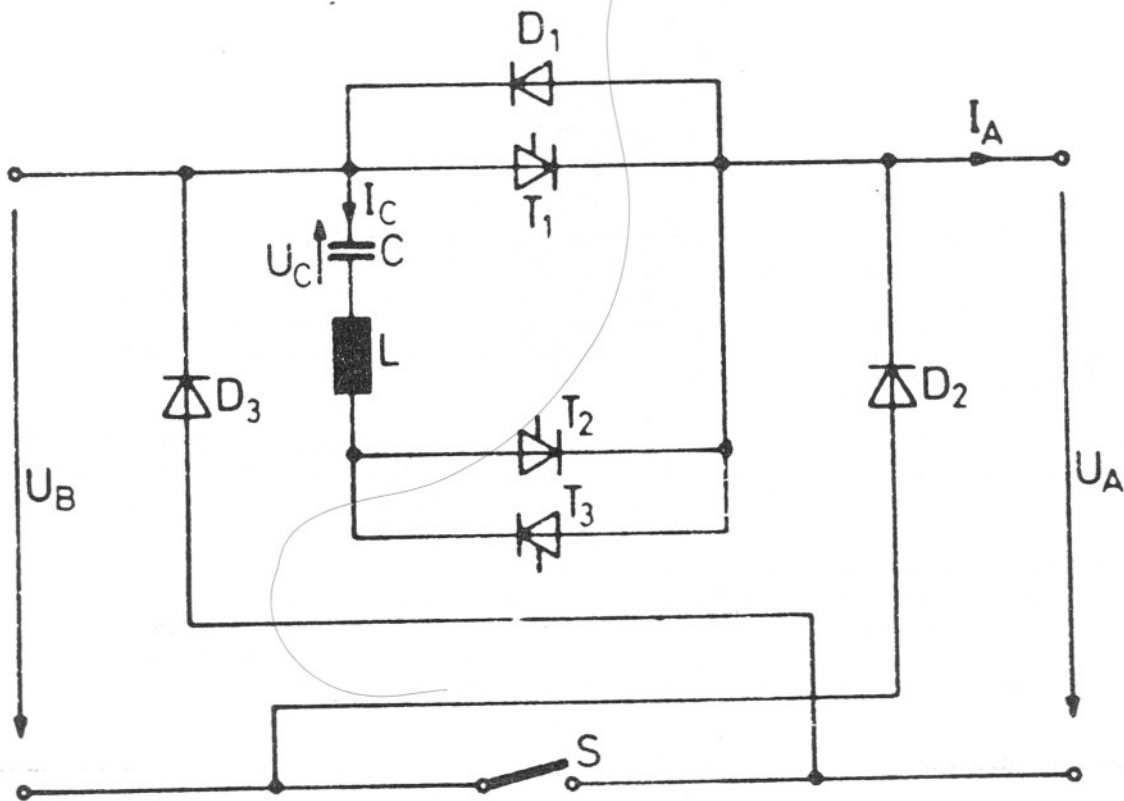
O DANAŠNJEM STANJU RAZVOJA POGONSKIH SISTEMA ELEKTROMOBILA

O elektromotorima

Pošto dilema oko načina pobudjivanja motora za jednosmernu struju izgleda rešena u korist paralelnog, odnosno nezavisnog pobudjivanja (umesto rednog), jer je ono daleko prikladnije za primenu elektronike, a elektronikom se danas relativno lako može uticati na regulaciona svojstva električnih mašina, još uvek je neizvesan ishod borbe koju vode, bolje reći započinju druge, bolje vrste motora. Na čelu ove grupe je Teslin asinhroni motor, čije su prednosti u odnosu na motor za jednosmernu struju (robustan, jeftin, brz, lak, pouzdan) predstavljale u svoje vreme jedan od glavnih faktora za prelazak na elektroenergetske sisteme sa višefaznim naizmeničnim strujama, ali koji se uvek smatrao motorom konstantne brzine nepogodnih startnih osobina.

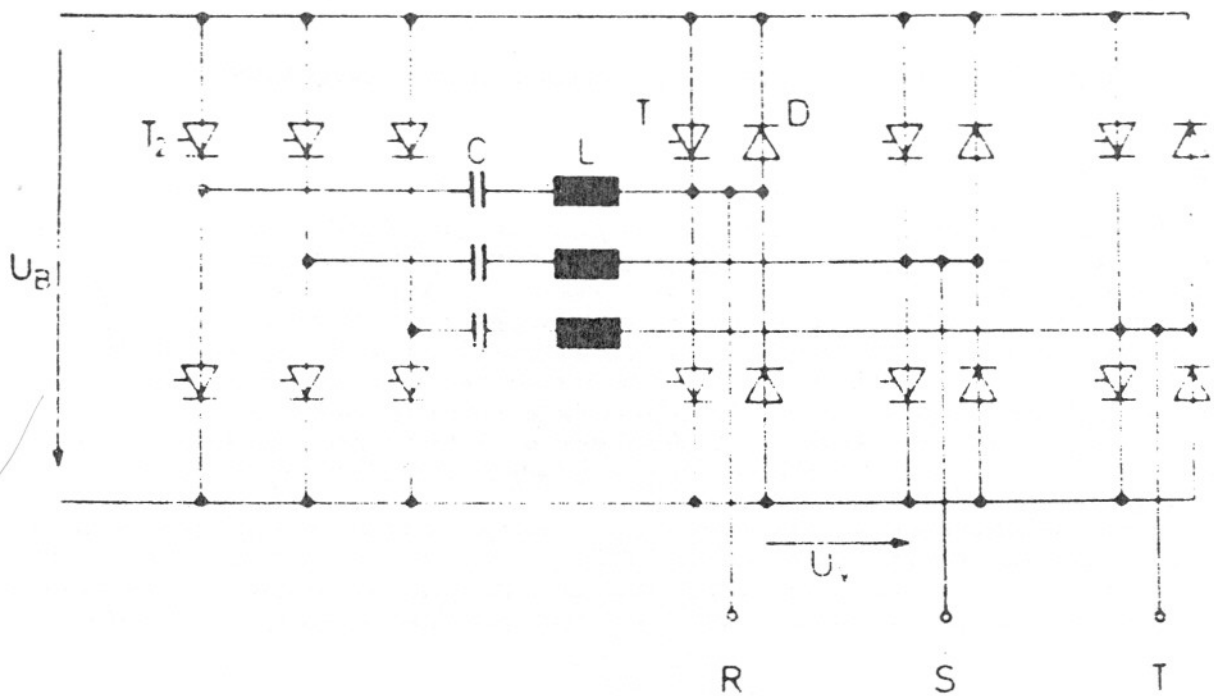
Današnja energetska elektronika sa svojim tiristorima i snažnim tranzistorima pruža sada sve tehničke mogućnosti da se i ovaj motor može regulisati u širokom dijapazonu brzina, tako da skoro i nema više čisto tehničkog opravdanja upotrebiti motor za jednosmernu struju.

U mnogim laboratorijama širom sveta istražuju se u poslednje vreme razni elektronski pogonski sistemi sa regulisanim asinhronim motorima. Mnogobrojni su izveštaji o ovim radovima na naučnim skupovima. Međutim, u industriji se ovakvi pogoni mogu sresti još uvek samo izuzetno i to tamo gde posebni razlozi sprečavaju primenu motora za jednosmernu struju. A što se tiče elektromobila, realizacije sa ovakvim pogonima su relativno retke.



Sl. 1a Šema čopera

Već prvo poredjenje dveju šema na sl.1 može da sugerise odgovor na pitanje zašto je to tako. Na prvoj je tzv. čoper, tiristorski pretvarač koji se stavlja izmedju akubaterije i motora za jednosmernu struju i kojim se može, uz pomoć tzv. male elektronike (koja se ne vidi na šemi) kontinualno regulisati napon, a time i brzina, odn. vučna sila motora.



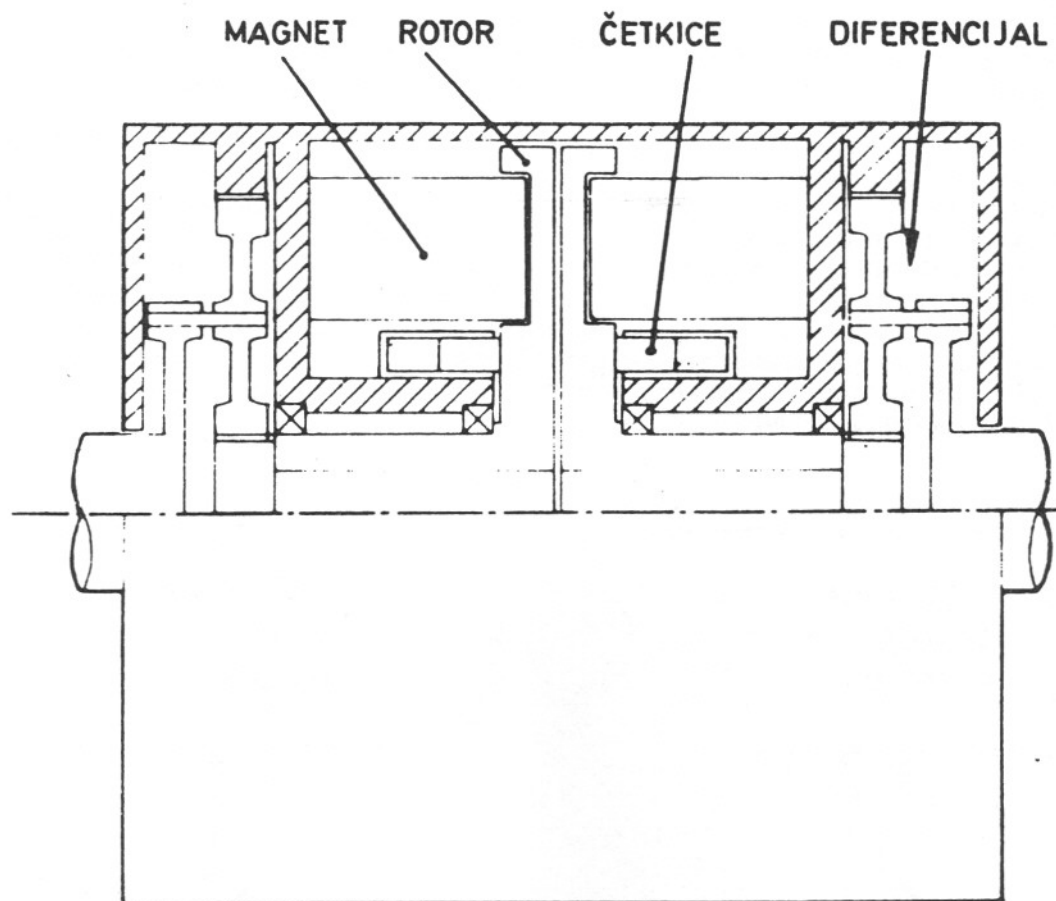
Sl. 1b Šema invertora

Na drugoj je, tzv. inverter koji iz jednosmernog napona akubaterije stvara trofazne naizmenične struje promenljive učestanosti koje su potrebne regulisanom asinhronom motoru. Obe šeme su standardne.

Vidi se pre svega приметно veća složenost i veći broj komponentata kod druge šeme. Uz to je i veća zbirna instalisana snaga tih komponentata (preko 3 puta veća kod poluprovodnika, a 9 puta kod pasivnih komponenti).¹⁾ Ovome treba dodati i ono što se ne vidi: oko 4 puta više male elektronike (mereno po broju izlaznih pojačavača), sa znatno složenijim načinom funkcionisanja.

Razlozi što su asinhroni motori još retki u ovakvim primenama su dakle ekonomski. Ceni se da su danas invertori 4 do 5 puta skuplji od odgovarajućih čopera, što još uvek nedovoljno pokriva razliku u ceni koja ide u prilog asinhronom motoru, plus razliku u kvalitetu koji takodje ide ovome u prilog. A razlozi zašto se ipak toliko istražuje na tom polju leže u činjenici da je cena snažnih poluprovodnika iz godine u godinu sve niža, a elektronika, naročito u oblasti integrisane tehnologije, po svojem funkcionisanju sve sposobnija.

Iako se čini da je ovaj hod ka presečenoj tački na ekonomskom dijagramu poslednjih godina sporiji nego što se očekivalo, poslednji razvojni rezultati na polju elektronike daju podstreka da se na tome danas radi. Pomenimo u vezi s tim danas već masovnu proizvodnju mikroprocesora i mikrokomputera, pojavu sve snažnijih tranzistora i samogašćih tiristora, koji omogućavaju приметno uprošćavanje i pojednostavljenje pretvarača, zatim, razvoj jednostavnijih, a funkcionalno zadovoljavajućih pretvaračkih šema i dr.



Sl. 2 Motor sa diferencijalom

Zanimljivo je da se dosta radi i na sasvim novim konstrukcijama elektromotora. Na sl. 2 prikazan je podužni presek kroz jedno ostvarenje koje je istovremeno i motor i diferencijal, a predviđeno je za ugradnju u zadnju pogonsku osovinu automobila.²⁾ Radi se u suštini o kombinaciji dva međusobno redno vezana motora za jednosmernu struju, sa aksijalnim pobudjivanjem iz permanentnih magneta i sa namotanim rotorima u obliku diska. Američki autor navodi da savremena dostignuća na polju permanentnih magneta omogućuje postizanje vrlo visokih stepena iskorišćenja (jer nema gubitaka u gvoždju, niti u pobudnom namotaju), a isto tako i dobar odnos snage prema težini. Relativno mala težina i nova konstruktivna forma dozvoljava nove lokacije motora u vozilu, kao što je slučaj sa kombinacijom prikazanom na slici. U izvesnim slučajevima moguće je navodno i direktni pogon na točkove i bez ikakvih zupčanika. Motor ovakve vrste, sa snagom od 37 kW (50 K.S.) pri 4600 obrtaja na minut, sa napajanjem 216V, bio bi prečnika 25 cm, dužine oko 10 cm i mase 23 kg (sve bez kućišta), dakle nekoliko puta lakši od odgovarajućeg standardnog vučnog motora.

Slična preuredjenja magnetnog kola uz upotrebu permanentnih magneta za pobudjivanje moguća su i kod mašina za naizmeničnu struju. Takvom vrstom motora jedan britanski istraživač³⁾ postiže takodje veoma visoke stepene iskorišćenja (oko 95%) i to, pošto se radi o sinhronoj mašini sa permanentnim magnetima, bez ikakvog komutatora, kontaktnih prstenova i četkica, ali naravno po cenu složenije elektronike.

O pretvaračima i regulaciji

Bez obzira da li se radi o čoperu kod motora za jednosmernu struju ili invertoru kod motora za naizmeničnu struju, tiristori još uvek dominiraju kao glavni regulacioni elementi energetskog pretvarača – regularota snage, iako se tranzistorski pretvarači sve više sreću. To je naravno posledica toga što se iz godine u godinu i proizvođači tranzistora javljaju sa sve snažnijim jedinicama, pa se preimućstva tranzistora (jednostavnije upravljanje, rad na višim učestanostima, manja težina i zapremina pretvarača) mogu iskorišćavati kod sve većih i većih snaga.

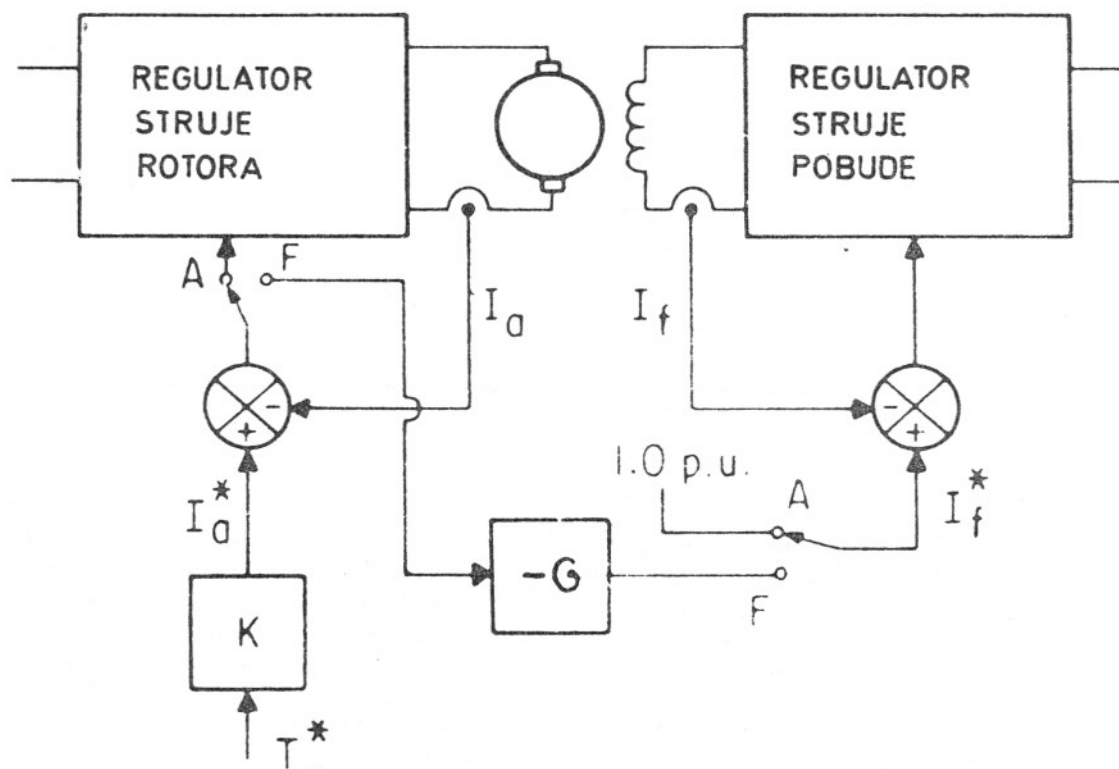
Između više realizacija vrednih pažnje pomenimo jedan tranzistorski čoper⁴⁾ za 96V i 100A sa preopteretljivošću do 200A u trajanju od 5 do 10 minuta, koji je stao u dimenzije 21 x 17 x 13 cm. On radi na

učestanosti 2 kHz i ima stepen iskorišćenja od 97% pri nominalnoj snazi od 10 kW. Čoper ima trostruku funkciju: pored regulacije pogona, može vršiti rekuperativno kočenje i regulaciju punjenja akubaterije dok je vozilo u miru.

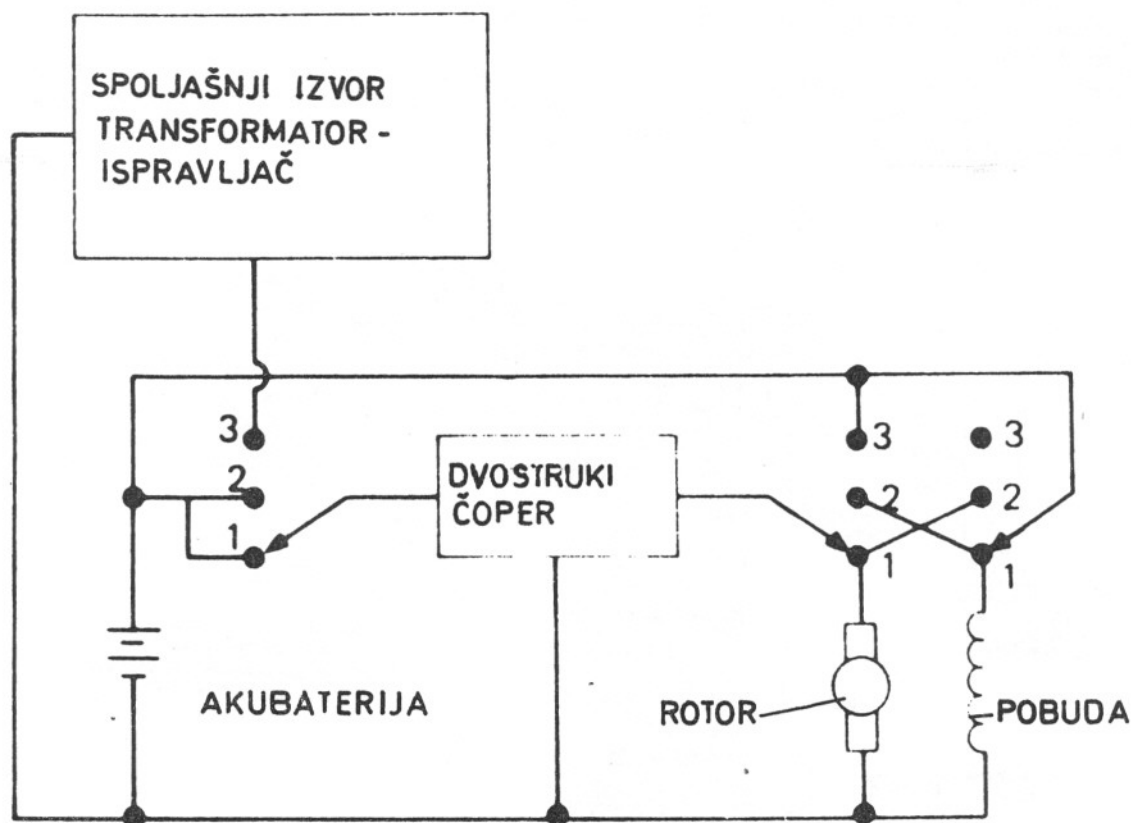
U drugom primeru⁵⁾ postignuta je učestanost od čak 11 kHz u tranzistorskom čoperu od 15 kW i masa od svega 10 kg.

Medjutim kod elektromobila koji su ušli u fabričku proizvodnju^{6, 7)} susreću se najčešće tiristorski čoperi u raznim varijantama, dok se tranzistorima dodeljuje samo uloga u regulatoru pobude.

Što se tiče strategije regulisanja pretvarača izgleda da je kombinovano regulisanje i napona i pobude motora na onaj način koji se inače decenijama primenjuje u industrijskim elektromotornim pogonima, postalo više manje standardno: kod polaska i manjih brzina pobuda se drži na maksimumu, a napon motora preko glavnog čopera se podešava (opseg stalnog momenta); iznad određene kritične brzine napon drži na maksimumu, a brzina se povećava smanjenjem pobude preko pobudnog čopera (opseg stalne snage). Na sl. 3 je prikazano kako je u jednom primeru⁸⁾ izvedena koordinacija ovih dveju regulacionih petlji da bi se na sve delovalo samo jednim komandnim organom (tj. papučicom akceleratora). Prelazak iz prvog opsega (položaj A preklopnika na slici) u drugi (položaj F) vrši elektronika automatski.



Sl. 3. Blok-šema regulacije



Sl. 4 Čoper sa tri uloge

Rešenje na slici 4. prikazuje zanimljivo rešenje⁶⁾ gde je isti čoper primenjen za tri uloge. U položaju 1 preklopnika čoper reguliše napon, a pobuda je vezana fiksno na bateriju (opseg stalnog momenta). U položaju 2 isti čoper vezuje se za pobudni namotaj, dok je napon motora diktiran (opseg stalne snage). Položaj 3 je predviđen za regulisano punjenje akubaterije kad vozilo stoji.

Takodje je zanimljivo i široko primenjeno rešenje⁷⁾ gde postoji elektronska regulacija samo u pobudnom namotaju sa dosta širokim opsegom stalnog momenta (npr. 1:5), dok se regulacija napona pri nižim brzinama vrši samo skokovito uz pomoć kontaktora i predtopora.

O mikrokompjuterima

Primena mikroprocesora uvedena je tek nedavno u automobilsku industriju (Oldsmobil 1976. godine) radi automatskog optimalnog podešavanja paljenja benzinskog motora. Ovaj revolucionarni proizvod savremene elektronske tehnologije, koji je u stanju da vrši mnogobrojne funkcije, postao je toliko jeftin da samo nedovoljna upućenost šireg broja stručnjaka u njegove mogućnosti i dosta složen način njegovog funkcionisanja verovatno ograničava širu primenu. Pre godinu ili dve iz laboratorija su izašli na tržište mikrokompjuteri, dalji korak istog razvoja: na prostoru od nekoliko desetina kvadratnih milimetara smešten je ne samo procesor koji je u stanju da vrši računске i logičke operacije, već i memorije sa programima, fiksnim i promenljivim podacima, merači vremena, ulazno–izlazni organi, pa čak i analogodigitalni pretvarači i to po ceni reda nekoliko stotina dinara.

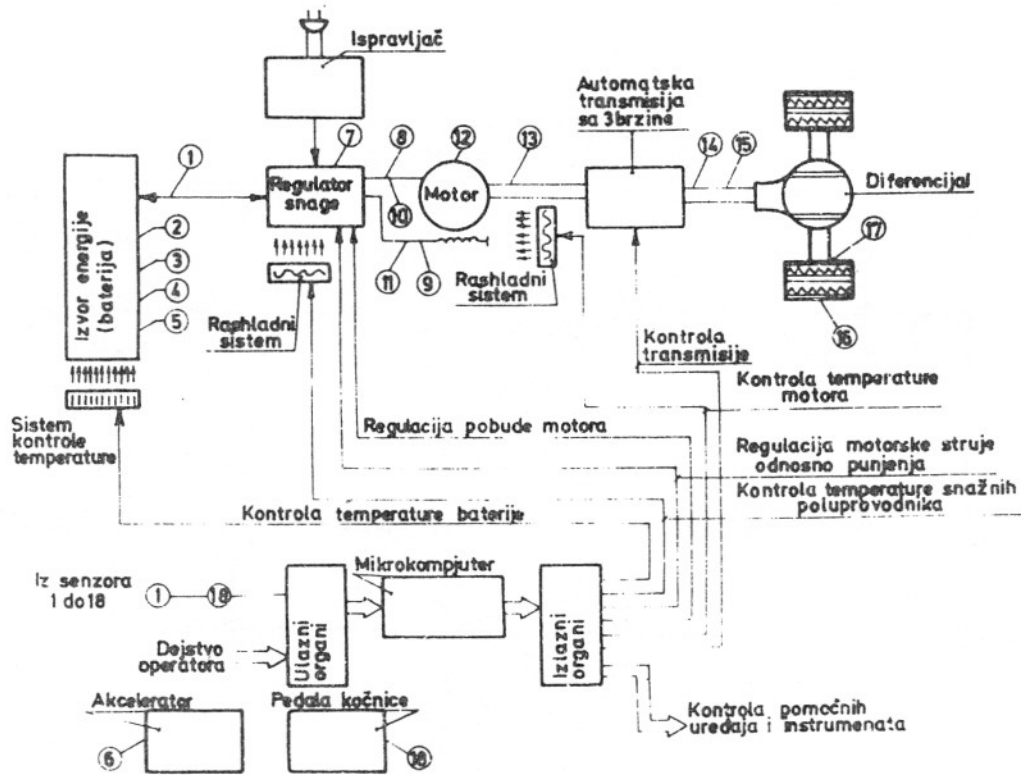
U primeru koji je pomenut glavni problem je u tzv. senzorima koji moraju razne neelektrične veličine (npr. pritisak, brzina obrtanja osovine, temperatura) da pretvore u mikrokompjuteru pristupačne električne. Kod elektromobila ovaj problem je daleko manje izražen, pa se očekuje da će mu i primena ovde biti šira.

Gde sve mogu mikroprocesori, odn. mikrokompjuteri naći primenu kod elektromobila?

Pre svega oni mogu ne samo zameniti dobar deo elektronike u upravljanju pretvaračima (čoperima i invertorima), već vršiti ovu funkciju mnogo potpunije, u cilju optiminiranja rada pogonskog sistema u raznim uslovima, povećanja pouzdanosti vođenjem računa o stepenu napregnutosti i temperaturi pojedinih komponenata i time doprineti istovremeno smanjenju utroška energije i sigurnijoj vožnji. Oni-verovatno mogu dati i nove šanse invertorskim pogonima sa asinhronim motorima uprošćavanjem elektronike u pogledu hardvera.

Naime, mikrokompjuteri su prirodno u stanju da daju tiristorima potrebne upravljačke impulse, a prošle godine se pojavio i mikrokompjuter koji direktno prima analogne signale (napona i struje), dakle, bez dodatnih analognodigitalnih pretvarača.

Mikroprocesori mogu nadgledati stanje bezmalo svake komponente elektromobila (razne temperature, brzine, ispražnjenost akumulatora itd.) i pružiti cifarske podatke vozaču o tome. Takođe mogu pomoći i otkrivanju kvarova pomoću ugrađenih dijagnostičkih programa.



Sl. 5 Primena mikrokompjutera

Na sl. 5 prikazano je ravno 18 tačaka na elektromobilu koji bi jedan mikrokompjuter mogao da nadgleda preko različitih vrsta senzora:⁹⁾ počev od struje i napona akubaterije, temperature i nivoa elektrolita (1 do 5), položaja papučice akceleratora (6), preko struje, napona i temperature u pretvaračima i motoru (7 do 12), pa do merenja brzine i momenta u raznim delovima transmisije (13 do 15), pritiska u pneumaticima i položaja papučice za kočenje (16 do 18). Ovako široka primena uslovljena je naravno razvojem odgovarajućih tržišno sposobnih senzora.

Zaključak

U zaključku se može reći da su pogonski sistemi za elektromobile za poslednje dve-tri godine doživeli izvesna dalja usavršavanja, ali je ovaj period možda značajniji po pojavi novih materijala i komponenata, koji će omogućiti u sledećem periodu i krupnije korake u ovim istraživanjima. Novi materijali za permanentne magnete kod motora, sve snažniji tranzistori i samogašći tiristori kod energetskih pretvarača – regulatora snage i mikrokompjuteri u elektronici za upravljenje i nadzor doprineće sledećih godina da ovi sistemi budu lakši, jednostavniji, pouzdaniji i ekonomičniji.

LITERATURA:

Sve reference su sa Petog međunarodnog simpozijuma o električnim vozilima EVS-5, Philadelphia, 1978

1. D. Pohl, H-Ch. Skudelny, Induction Motor Drives for Electric Vehicles – An Alternative to Usual D.C. Drives? , paper 782104(E).
2. P. Campbell, The Permanent Magnet Disc Armature Motor – An Evaluation of its Advantages Compared with Conventional Electric Vehicle Drives, paper 782102 (E).
3. D. Turner, The Double Ended Claw Motor: A novel form of Self-Synchronous motor for traction purposes, paper 782105(E).
4. PH. Lat aire, G. Maggetto, W. Van de Voorde, J.L. Van Eck, Use of Transistor Choppers in the Charge-Discharge and Energy Recovery Functions Needed for an Electric Vehicle, paper 782103(E).
5. J.F. Lecluse, A Lightweight High Performance and Noiseless Propulsion Motor System Suited to Different Speed Electric Urban and Suburban Vehicles, paper 782203(E).
6. C.C. Christianson, R.F. Bourke, A Propulsion System for an Electric Delivery Van, paper 782202(E).
7. J.P. Altendorf, Performance of Different Propulsion Systems for Electric Vehicles, paper 782302(E).
8. J.W.A. Wilson, Design Considerations Relating to Electric Vehicle Separately – Excited D.C. Motor Drives, paper 782206(E).
9. K.D. Wallentowitz, Transducer Requirements for Electric Vehicles, paper 782205(E).

RAZVOJ HEMIJSKIH IZVORA STRUJE ZA POGON ELEKTRIČNOG VOZILA – PREGLED SKORAŠNJIH DOSTIGNUĆA

Na osnovu promena koje se mogu uočiti, kako na tržištu hemijskih izvora struje (HIS), tako i u publikovanim radovima iz ove oblasti istraživanja, može se zaključiti da je protekli dvogodišnji period po mnogo čemu sadržajni od predhodnog. Zapravo, dobija se utisak da se razvoju i usavršavanju HIS posvećuje sve veća pažnja.

Svakako da je ovo jednovremeno i rezultat organizovanih akcija koje su pre više godina pokrenule državne institucije u SAD, Japanu, SR Nemačkoj i drugim zemljama. Tako je Kongres SAD 1976. godine doneo Akt o istraživanju i razvoju električnih i hibridnih vozila i za to odobrio 160 miliona dolara za period od 5 godina. Nacionalni projekt Ministarstva trgovine i industrije Japana dobija 14 miliona dolara za period od 6 godina, a Ministarstvo za istraživanje i tehnologiju SR Nemačke izdvaja oko 22 miliona dolara.

Autori ovog pregleda učestvovali su prošle godine u radu sastanka Sekcije za baterije Medjunarodnog udruženja elektrohemijčara u Budimpešti, Medjunarodnog simpozijuma o hemijskim izvorima struje u Brajtonu i Medjunarodnog simpozijuma o HIS u Drezdenu. Pored materijala ovih skupova u sastavljanju ovog pregleda služili smo se i drugom nama pristupačnom literaturom, a posebno materijalima sa 5—og Internacionalnog simpozijuma o električnim vozilima održanog u Filadelfiji 1978. godine i publikacijom Progress in Batteries and Solar Cells u redakciji Kozawa—e i Kordesch—a.

Na osnovu prikazanih radova i literaturnih navoda može se izvući zaključak da se za primenu u električnim vozilima vrlo intenzivno radi na razvoju i usavršavanju uglavnom tri velike grupe HIS i to: olovnih akumulatora; alkalnih akumulatora (gvoždje – vazduh i nikal – cink) i visoko temperaturnih akumulatora (Li—Al/FeS; Na—S) i to naročito u Japanu, a od evropskih zemalja u Nemačkoj, Francuskoj, Švedskoj i V. Britaniji, uz sve intenzivniji rad u SAD. Izgleda da su Sovjetski Savez i zemlje SEV—a u ovom pogledu u izvesnom zaostatku, osim u razvoju galvanskih gorivnih spregova na koje se u Sovjetskom Savezu računa za primenu u električnim vozilima.

1. Olovni akumulator

Standardna industrijska proizvodnja olovnih akumulatora do pre nekoliko godina davala je uglavnom dva tipa akumulatora: standardne ili SLI (za startovanje motora u vozilima) i tzv. industrijske akumulatore, koji se koriste kao izvor energije u električnim vozilima unutrašnjeg fabričkog transporta ili kao stacionarne baterije za pomoćni (rezervni) izvor energije.

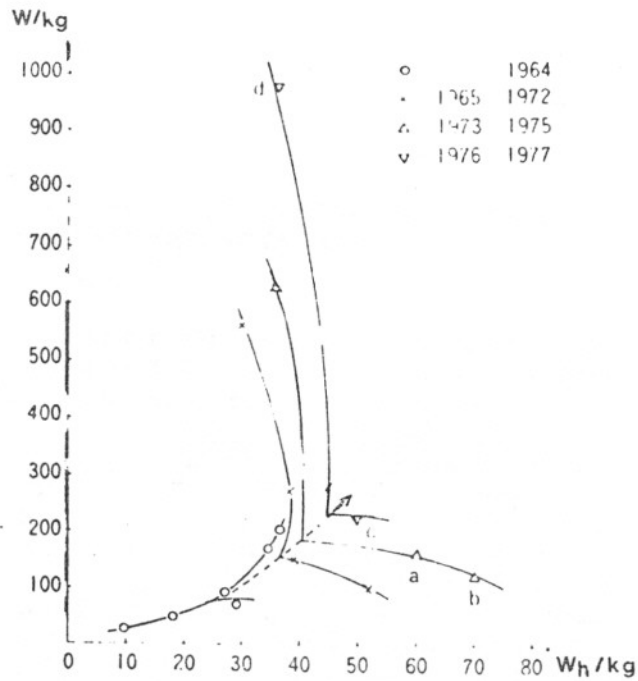
Standardni akumulatori se obično rade sa tzv. pločastim elektrodama načinjenim od olovnih rešetki (uz dodatak do 5% antimona) u koje su upresovane odgovarajuće aktivne mase u vidu paste. Standardni kapacitet ovakvih akumulatora kretao se od oko 20 Wh/kg uz oko 500 ciklusa punjenja i pražnjenja, što je za svrhe startovanja zadovoljavajuće.

Industrijski akumulatori imaju kao pozitivne elektrode posebne cevaste separatore koji su napunjeni pozitivnom masom i omogućavaju znatno veći broj ciklusa (1000—2000). Najčešći uzrok propadanja pločastih akumulatora je raspadanje aktivne mase i korozija rešetke, naročito pozitivnih ploča. S obzirom na izmenjenu konstrukciju kod akumulatora sa cevastim elektrodama manji je specifični kapacitet (16—18 Wh/kg), a zbog većeg unutrašnjeg otpora lošije su karakteristike snage.

Izvesna poboljšanja specifičnih karakteristika postignuta su, kao što je u izveštaju iz 1976. god. navedeno (1), zamenom teških ebonitnih kutija lakšim, načinjenim od polipropilena. Odredjena poboljšanja postignuta su pokušajem da se olovo u rešetkama za ploče zameni kombinacijom lakših metala i plastike, kao i pogodnijim izvodjenjem međusobnog spajanja ploča i ćelija.

Druga grupa promena nastala je kao rezultat napora da se elementi baterije akumulatora optimiziraju. Rešetke koje Globe—Union ugrađuje u baterije za električna vozila su optimizirane sa gledišta minimizacije električnog otpora, a sama baterija je zbog povećanja efikasnosti izradjena sa položajem ploča koji je zaokrenut za 90° u odnosu na uobičajen.

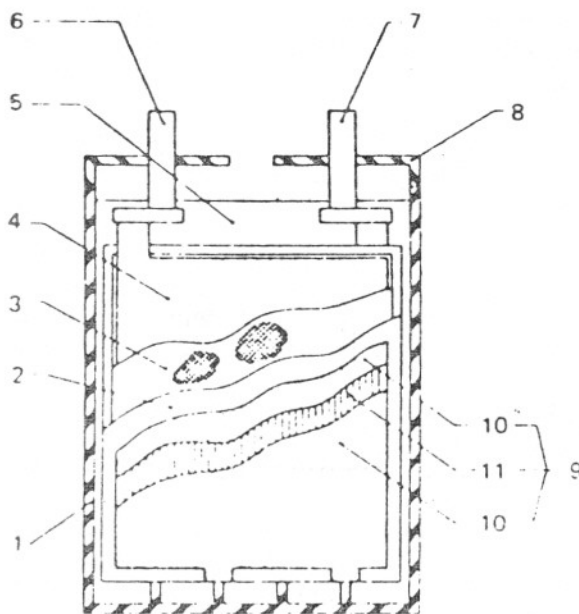
Može se reći da su u ovom pogledu najdalje otišli Japanci, koji su demonstrirali tehnološke mogućnosti izrade olovnih akumulatora visoke specifične energije (čak i 70 Wh/kg), odnosno visoke specifične snage i do 700 W/kg, mada za praktičnu masovnu primenu još uvek nisu rešena dva važna problema i to: vek ovih baterija (broj ciklusa je manji od 300) i relativno visoka cena. Ovome treba dodati i činjenicu da se za postizanje snage mora žrtvovati specifična energija i obrnuto. Možda se ova situacija najbolje može ilustrovati dijagramom prikazanim na sl. 1.



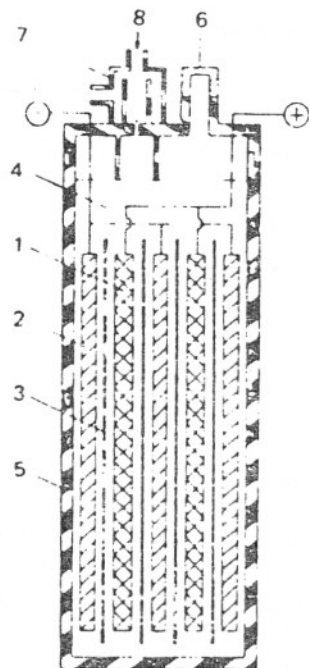
Slika 1. Ostvarene specifične energije (Wh/kg) i specifične snage (W/kg) kod olovnih akumulatora prema godinama izrade, a za 20 satni režim pražnjena. Strelica označava verovatan trend razvoja (navedeno prema (2)).

Sa a i b su označene visokoenergetske baterije, ali sa relativno malim brojem ciklusa i nedovoljno velikom specifičnom snagom, za razliku od rezultata prikazanog sa d koji prikazuje bateriju vrlo velike specifične snage (1000 W/kg), a koju je razvila Japan Storage Battery Co., kao pomoćnu bateriju snage za kombinaciju sa cink-vazduh baterijom za pogon električnog vozila. Svakako da je trend označen strelicom relativno siguran i da će takve baterije uskoro postati komercijalno dostupne za svakodnevnu upotrebu, sa relativno prihvatljivim vekom rada (c označava već postignute karakteristike uz ostvarenih preko 500 ciklusa).

Neka od konstrukcija ovih olovnih akumulatora prikazane su na slikama 2. i 3.



Slika 2. Shematski prikaz novije konstrukcije pločastog olovnog akumulatora za manja električna vozila firme Yuasa Battery Co.: 1—ćelija; 2—separator; 3—tkanina od staklenih vlakana; 4—pozitivna ploča; 5—elektrolit; 6—pozitivni priključak; 7—negativni priključak; 8—poklopac; 9—višeslojna negativna ploča; 10—negativna ploča; 11—perforirana ploča.

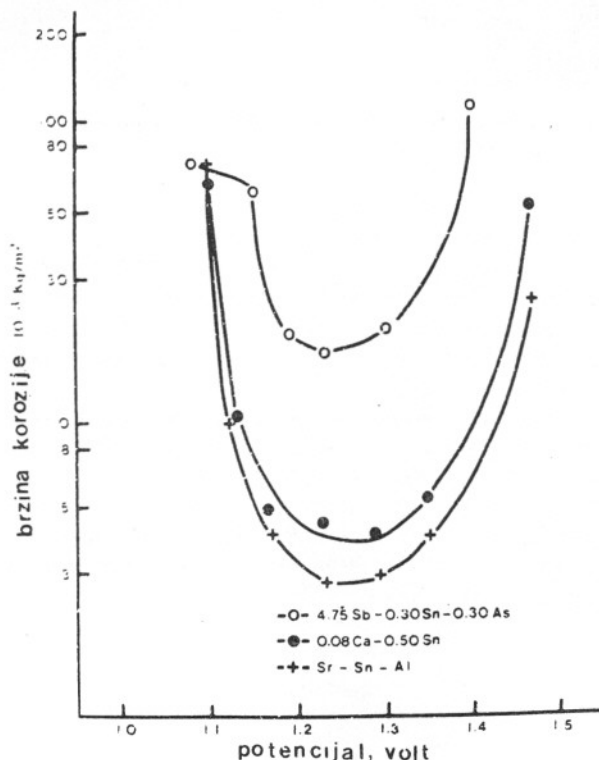


Slika 3. Shematski prikaz olovnog akumulatora za električni autobus firme Yuasa Battery Co.: 1—pozitivna elektroda; 2—negativna elektroda; 3—separator; 4—elektrolit; 5—ćelija; 6—ispustni filter; 7—rezervoar dodatne vode; 8—otvor za nalivanje vode.

Akumulatori shematski prikazani na slici 2. ostvarili su u nizu testova oko 50 Wh/kg i preko 500 ciklusa punjenja i pražnjenja i radjeni su sa posebnom namenom za električna vozila.

Akumulator prikazan na sl. 3. radjen je za pogon električnog autobusa i sa ostvarenih 42,5 Wh/kg izdržava više od 1000 ciklusa.

Značajni su rezultati izgleda postignuti u predhodnom periodu izmenom sastava legure za izradu rešetki za ploče. Naime znatne količine antimona (i do 9%) u olovnoj leguri pozitivnih ploča koji se dodaje zbog poboljšanja livkosti legure, korozijom i difuzijom dospeva do negativnih elektroda na kojim se cementira i smanjuje prenapetost izdvajanja vodonika. Kao rezultat ovoga, pri kraju punjenja akumulatora javlja se povećan utrošak vode u elektrolitu i potreba za čestim dolivanjem, tj. održavanjem akumulatora. Pokazano je da se zamenom antimona kalcijumom (5,6) ili uz znatno smanjenje antimona ali i dodatak selena (7) ili kalaja i aluminijuma (12) mogu znatno izmeniti korozione osobine legura, kao što je i prikazano na slici 4.

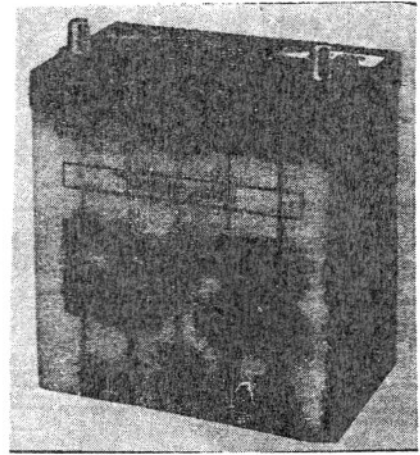
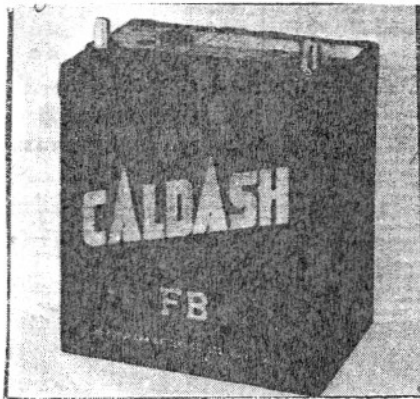


Slika 4. Zavisnost brzine korozije olovnih legura za rešetke pozitivnih ploča od potencijala (prema sulfatnoj referentnoj elektrodi). Legure sa Ca ili Sr i Al pokazuju oko 10 puta veću koroziju od legure sa 4,75% Sb (prema (12)).

Na ovaj način se količina vode koja odlazi iz akumulatora zbog razlaganja svodi na zanemarljivo malu količinu. Tako su se pojavile čitave nove grupe akumulatora koje uopšte nije potrebno nadgledati.

Pored izmene u sastavu legure za rešetke ovakvi akumulatori imaju nešto veći prostor iznad ploča za nešto povećanu količinu elektrolita. Na slici 5. prikazan je izgled dva tipa japanskih olovnih akumulatora koji ne zahtevaju nadgledanje.

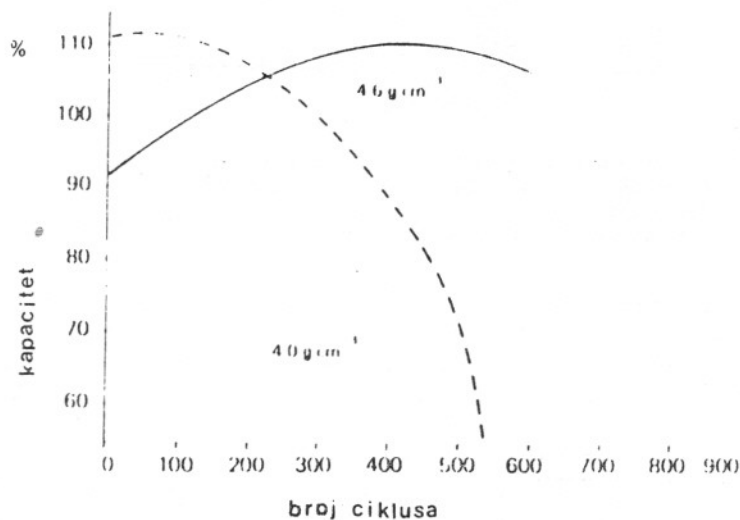
Američka kompanija DELCO proizvodi akumulatore sa kalcijumskom legurom za sva vozila General Motors Co. Slične rezultate postigla je i VARTA (7) sa smanjenom količinom antimona (1,5%) uz dodatak selena, čime se postiže sintorozna struktura i dobra livkost. Naime, legura sa kalcijumom nema dobru livkost tako da se zbog složenog postupka livenja rešetki proizvodnja isplati samo u vrlo velikim serijama. Kod antimonskih legura ovo nije slučaj. Razvoj ovakvih akumulatora od posebnog je interesa za električna vozila, s obzirom da bi opsluživanje velike baterije u vozilu bilo neuporedivo jednostavnije.



Slika 5. Automobilski akumulatori koji ne zahtevaju nadgledanje firme Furukawa Battery Co.: a) Tip CALDASH NS4OZ (Ca legura) b) tip HiDASH MFZ NS4OZ (Sb legura)

I drugi proizvođači olovnih akumulatora čine napore da poboljšaju karakteristike svojih baterija. Već je pomenuto da je Globe-Union Co., izradom posebnih rešetki i okretanjem položaja ploča, izborom pogodnog odnosa aktivnih masa, količine elektrolita i konstrukcijom sistema za ispuštanje gasova i dolivanje elektrolita postigla 35–37 Wh/kg i 200 W/kg uz 500 ciklusa pri 70% pražnjenju. U kombinaciji sa posebnim punjačem i električnim komponentama električnog vozila, ovakva baterija trebalo bi da ostvari sa kolima za 4 osobe dolet od 150 km u urbanim uslovima, uz stalnu brzinu od oko 90 km/h.

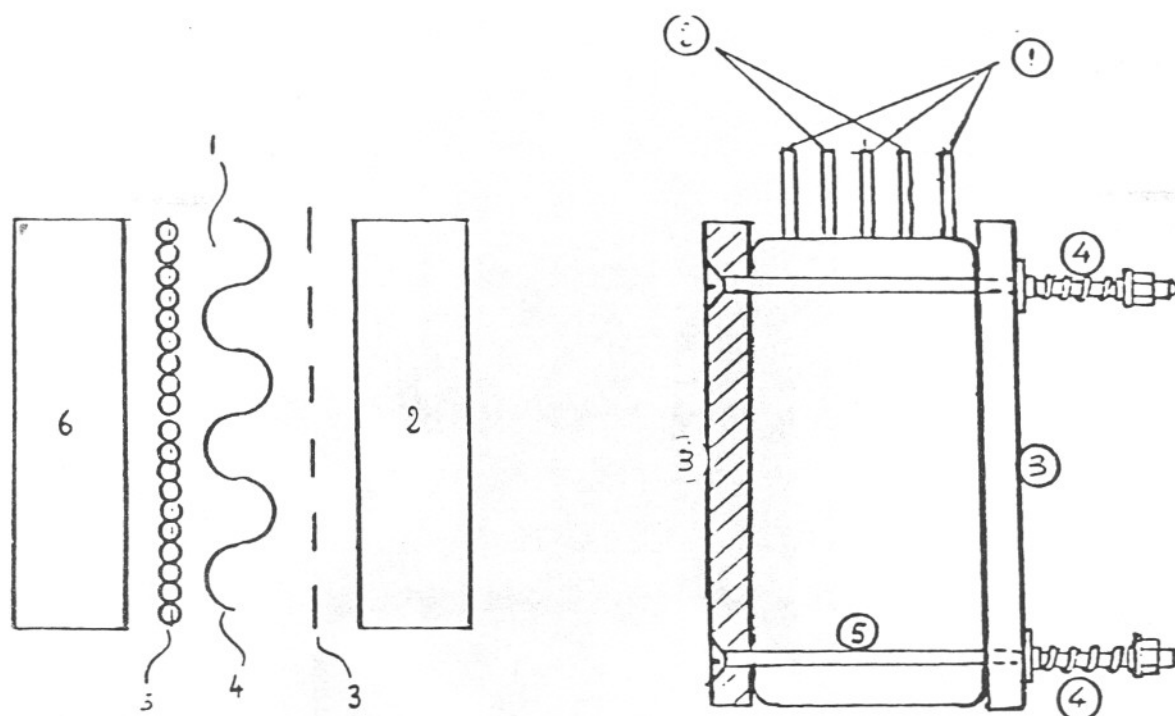
Gould Inc. (9) je za 352 poštanska vozila koje je američka poštanska služba nabavila za svoje potrebe izradio kompletnu električnu opremu uključujući i baterije olovnih akumulatora. Baterije su načinjene od 27 redno vezanih 66 Ah-ovnih 66-E-11 ćelija ukupne težine sa kućištem 570 kg. Baterija je načinjena od akumulatora industrijskog tipa sa pločastim elektrodama. Radi poboljšanja karakteristika, debljina ploča je smanjena za oko 43%, a izmenjena je struktura rešetke. Posebno je zanimljivo što se sa povećanjem gustine pozitivne mase sa 4,0 na 4,6 g/cm³ (ovo obično dovodi do smanjenja kapaciteta) postiglo znatno povećanje broja ciklusa, što se može videti na dijagramu na slici 6.



Slika 6. Zavisnost kapaciteta (procent nominalnog 6 časovnog kapaciteta) od broja ciklusa pri 5 časovnom režimu pražnjenja do 80% kapaciteta za dve različite gustine aktivnog materijala.

Kao što se vidi, sa ovakvom masom maksimalni kapacitet postiže se tek posle stotinak ciklusa, ali je broj ciklusa značajno povećan. Očekuje se da će se postići 800–1000 ciklusa, a što je za pločaste elektrode veliki uspeh. Ovakva baterija ostvarila je 27 Wh/kg i 31 W/kg, uz naveden broj ciklusa.

Interesantne rezultate postigla je grupa istraživača sa Univerziteta u Parizu (10), koji su koristeći Fulman-ove standardne pločaste elektrode u ćeliji posebne konstrukcije uz primenu bočnog pritiska ispitivali uticaj ubrzanog punjenja na vek i broj ciklusa. Konstrukcija ovih ćelija prikazana je na slikama 7a i b.



Slika 7. a) Shematski prikaz osnovnih komponenata akumulatora pod pritiskom: 1- elektrolit; 2- negativna ploča; 3- separator od staklenih vlakana; 4- talasast i perforirani separator od PVC; 5- mikroporozni separator; 6- pozitivna ploča. b). 1- negativni priključak; 2- pozitivni priključak; 3- čvrsta metalna ploča; 4- kalibrirana opruga; 5- vijak.

Prema ovim autorima bočni pritisak od oko 0,1 MPa onemogućava ispadanje aktivne mase iz pozitivnih ploča, a time i smanjenje kapaciteta. U ovakvim uslovima može se sa pločastim elektrodama postići i preko 1500 ciklusa.

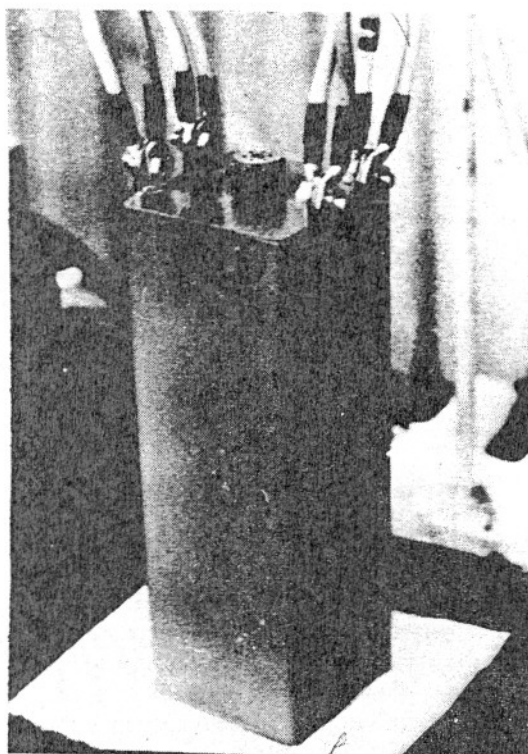
Sa gledišta korišćenja olovnih akumulatora u električnim vozilima interesantan je i pomalo neočekivan rezultat Rowland-a i saradnika (11) koji su proučavali kapacitet baterije akumulatora, odnosno domet vozila, sa i bez regenerativnog kočenja u toku vožnje. Oni su pokazali da se iz ovakvog sistema može dobiti oko 10% više energije uz regenerativno kočenje, pri čemu u ovo nije uračunata povraćena energija kočenja. Izgleda da je ovaj efekat posledica boljeg iskorišćenja aktivne mase pri regenerativnom režimu rada.

2. Alkalni akumulatori

Proizvodnja drugih tipova akumulatora, osim olovnih, znatno je manja, pa je manje i proizvođača, a time i istraživačkih napora koji kao rezultat imaju već gotova praktična ostvarenja. Ovo se odnosi na oblast alkalnih akumulatora, kod kojih je zapažen odredjen napredak, iako je za korišćenje u električnim vozilima u ovom trenutku relativno visoka cena prilično značajan ograničavajući faktor. S druge strane dobra pouzdanost i relativno veliki broj ciklusa rada, daje ovoj grupi akumulatora u odredjenim uslovima rada i priličnu prednost. U ovu kategoriju akumulatora mogu se svrstati nekoliko tipova, pa će se razmotriti posebno oni koji mogu biti od značaja za eventualnu primenu u električnim vozilima.

2.1. Gvoždje – nikloksid akumulator

Prema ispitivanjima izvršenim u okviru japanskog programa za električna vozila (4) gvoždje-nikloksid akumulator u posebnoj izvedbi sa sinterovanim elektrodama postigao je 82,5 Wh/kg i preko 500 ciklusa rada, a s obzirom da ima bolje karakteristike pri većim strujama pražnjenja izgleda da je posebno pogodan za električna vozila. Isti ovaj sistem su ispitivali i Anderson i Ojefors (13) iz Swedish National Development Co.(SNDC). Na slici 8. prikazana je fotografija prototipa 300 Ah ćelije.



Slika 8. Prototip 300 Ah gvoždje–nikloksidne ćelije za trakciju firme SNDC.

Fizičke i električne karakteristike ove ćelije prikazane su u Tabeli 1.

Očekuje se da se može postići 60–70 Wh/kg, pri čemu za dalje poboljšanje postoje znatne rezerve u nikloksidnoj elektrodi.

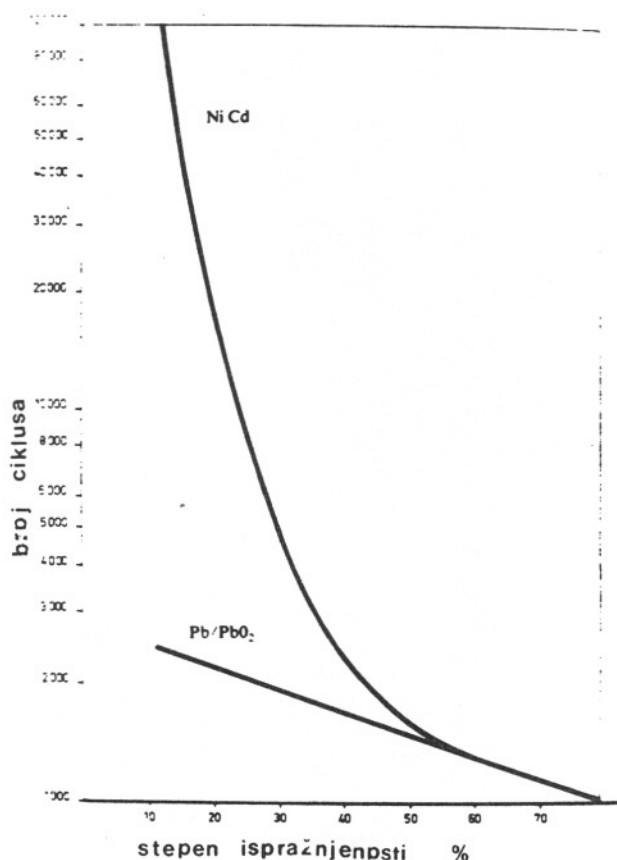
Veličina elektroda (širina x visina)	93x225 mm
Debljina pozitivne elektrode	3,2 mm
Debljina negativne elektrode	1,2 mm
Medjurastojanje	0,8 mm
Težina ćelije	6380 g
Zapremina ćelije	2,84 l
Kapacitet pozitivne elektrode	15x20 Ah
Kapacitet negativne elektrode	14x22 Ah
Napon ćelije (srednja vrednost C/4)	1,18 V

Tabela 1. Podaci o komponentama sa 300 Ah pototip gvoždje–nikloksidne ćelije

2.2. Kadmijum–nikloksidni akumulator

Standardni tipovi kadmijum–nikloksidnog akumulatora sa džepnim elektrodama nisu u mogućnosti da konkurišu drugim za primenu u električnim vozilima. Međutim, njihova verzija sa sinterovanim elektrodama je posebno interesantna zbog dobre karakteristike snage, mada im visoka cena onemogućava širu primenu. Ali, uzimajući u obzir njihov dug vek i pouzdanost u radu izgleda da je zanemarivanje mogućnosti njihove primene u odredjenim uslovima u električnim vozilima neopravdano. Ovo naime proističe iz rezultata jednog istraživačkog programa koji su zajednički u Francuskoj preduzeli Renault i SAFT, za proučavanje mogućnosti dvostrukog pogona trolejbusa, odn. električnog minibusa, normalnim napajanjem preko trole i baterijskim napajanjem na delu pruge gde nema mreže ili kod linija od svega nekoliko kilometara. Tada se potrebna energija može obezbediti brzim punjenjem na početnoj stanici, pošto ovaj tip akumulatora dozvoljava trostruko veće struje punjenja od

struja pražnjenja, a ukoliko pražnjenje baterije nije veliko može se postići ogroman broj ciklusa. Računice pokazuju da se sa 20% pražnjenjem (uz 25000 ciklusa, vidi sliku 9.) može postići punjenje navedenom strujom za 5–6 minuta ako je pruga duga 5 km. Ove računice pokazuju takodje, da se sa ovako velikim brojem ciklusa postiže 3 puta ekonomičniji pogon nego sa najboljim sadašnjim olovnim akumulatorima. S druge strane u literaturi se sreće sve više uspešnih pokušaja da se sinterovanje kod ovog tipa akumulatora izbegne presovanjem sa plastičnim materijalima, a što bi znatno smanjilo cenu akumulatora, uz zadržavanje njihovih dobrih osobina (15).



Slika 9. Medjusobna zavisnost broja ciklusa i stepena ispražnjenosti kadmijum – nikloksidnog i olovnog akumulatora.

2.3. Cink – nikloksid akumulator

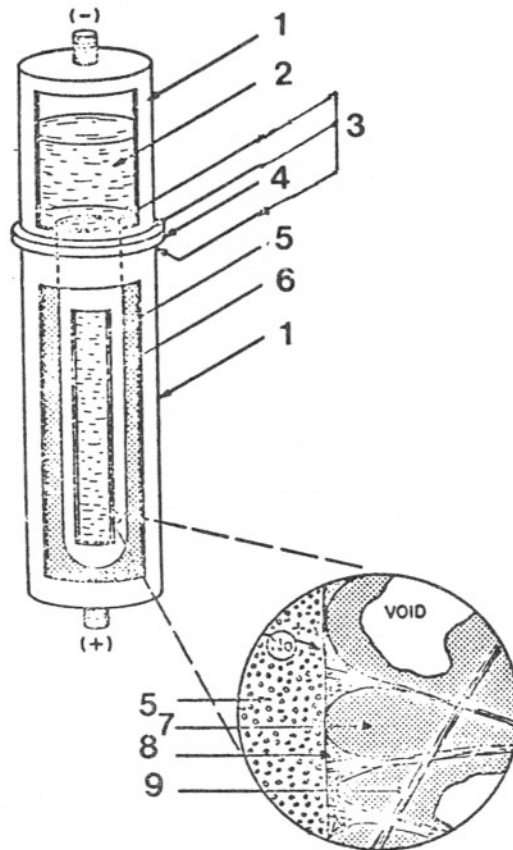
Cink-nikloksid akumulator nastao je kao kombinacija cinkove elektrode srebro-cink akumulatora i niklene elektrode kadmijum–nikloksid akumulatora. Naravno, sa sobom su ove elektrode nosile i dobre i loše osobine, od kojih je najlošija osobina cinkove elektrode da pri punjenju obrazuje dendrite cinka koji prodirući kroz separator ostvaruju kratku vezu sa suprotnom elektrodom. Stoga je vek ovakvih akumulatora ograničen i jedva je dostizao 150 ciklusa. Slična ograničenja u pogledu veka rada ovakve kombinacije saopštio je i Dmitrenko (16) na osnovu iskustva u SSSR. O podatku iz 1976. god, da se vibriranjem cinkove elektrode značajno povećava broj ciklusa, nema novih informacija od strane firmi koje su radile na razvoju cinkovih elektroda za ove akumulatore. Jedina nova informacija nama dostupna o ovim akumulatorima je iz Lewis Research Center –a u Klivlendu koji je pokušao da reši problem dendrita korišćenjem posebno napravljenog separatora (18), a koji je korišćen u Ag–Zn bateriji za mesečev modul. Sa ovim separatorima postiže se navodno 200 ciklusa pri 80% pražnjenju, a čak 800 pri 50% pražnjenju. Ukoliko se ove informacije potvrde može se reći da bi ovo bio značajan uspeh.

3. Visokotemperaturni akumulatori

3.1. Natrijum–sumpor akumulator

Natrijum–sumpor akumulator, kao što je poznato, predstavlja vrlo interesantan sistem za eventualno korišćenje za pogon električnih vozila, s obzirom na relativno visoku specifičnu energiju (već sada je ostvarena

baterija sa preko 120 Wh/kg i 90 W/kg). Međutim, relativno visoka radna temperatura od preko 300°C koja je neophodna da održava natrijum i sumpor u tečnom stanju i omogući jonsku provodnost kroz membranu od beta-aluminijumoksida, predstavlja ozbiljan tehnički problem za izradu praktično upotrebljive baterije. Na slici 10. prikazana je shema jednog elementa Na-S baterije koju je razvila Ford Motor Co. i koja se nalazi u stadijumu

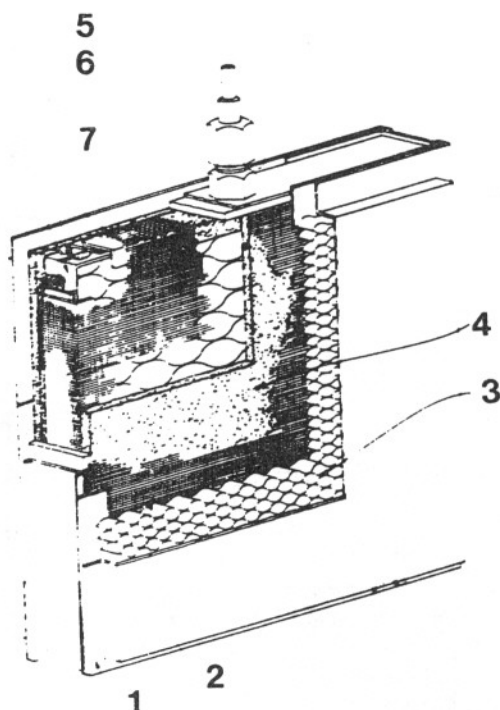


Slika 10. Shematski prikaz elementa Na-S baterije (Ford Motor Co.): 1—metalna posuda; 2—tečni natrijum; 3—zaptivke; 4— α - Al_2O_3 ; 5—provodna keramika (β - Al_2O_3); 6—porozni grafit ispunjen sumporom; 7—polisulfid; 8—grafitna vlakna.

tehničkog razvoja. Značajna aktivnost na ovom polju postoji i u Velikoj Britaniji (19), Zapadnoj Nemačkoj (20), Japanu (21) i nizu drugih zemalja, pri čemu su još uvek glavni problemi vezani za koroziju materijala u kontaktu sa rastopima i izradu membrana od beta-aluminijumoksida dovoljno velikih radnih površina. Biće potrebno da prodje još 4–5 godina da bi se ovi problemi uspešno rešili i ostvarila prihvatljiva baterija dovoljno dugog veka za ugradnju u električna vozila.

3.2. Litijum–gvoždjesulfid akumulator

Ovaj tip akumulatora koji koristi leguru Li–Al kao negativnu masu a FeS ili FeS₂ kao pozitivnu masu, razvija Argone National Laboratories u SAD u saradnji sa drugim proizvođačima i istraživačkim organizacijama (Rockwell International, Budd Co., Carborundum Co., Eagle–Picher Industries, General Motors i Gould Inc.). Kao elektrolit služi eutektika LiCl–KCl, a radna temperatura je oko 450°C, koja se održava posebnom termičkom izolacijom i regulacijom. U izradi je 40 kWh baterija, koja ove godine treba da bude ugrađena u dostavno vozilo. Na slici 11. prikazan je shematski prikaz jedne ćelije, a u ispitivanju je i slična konstrukcija sa većim brojem ploča u ćeliji. Očekuje se da će baterija postići 100 Wh/kg pri 4 satnom pražnjenju uz 125 W/kg. U toku je i istraživanje mogućnosti korišćenja FeS₂ za pozitivnu masu i molbidenskih kolektora struje. Očekuje se da bi ovakve baterije trebalo da ostvare bar 30% veći energetska kapacitet i 50% veću specifičnu snagu od odgovarajuće FeS baterije. (22).



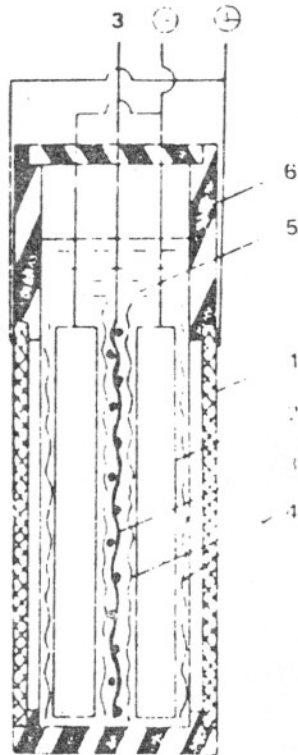
Slika 11. Presek kroz jedan element Li-Al/FeS akumulatora: 1 - kućište; 2 - negativna elektroda (Li-Al); 3 - strujni snabdevač; 4 - separator (Zr_2); 5 - masa pozitivne elektrode (FeS_2); 6 - strujni snabdevač; 7 - omotač pozitivne ploče.

4. Ostali tipovi akumulatora

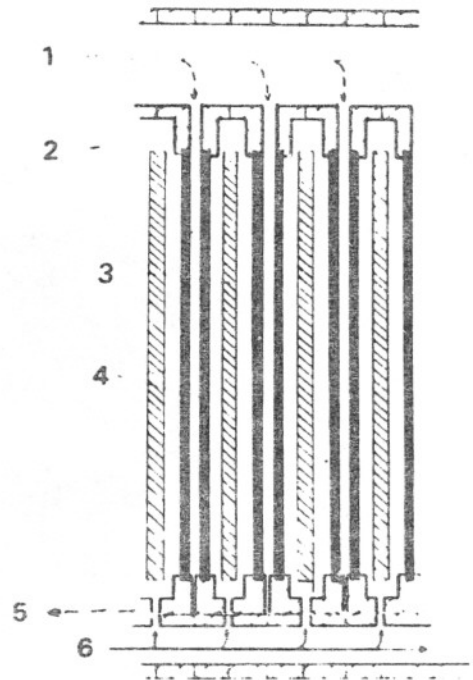
Pored navedenih akumulatora za korišćenje za pogon električnih vozila razmatraju se i mogućnosti korišćenja raznih drugih kombinacija, od kojih su najinteresantnije one koje predstavljaju razne verzije galvanskih gorivnih spregova, odn. metal-vazduh baterija. Galvanski gorivni spregovi tipa vodonik-vazduh i slični jedno vreme su bili potisnuti iz istraživanja, s obzirom na relativno složenu izradu i visoku cenu. U SAD, u ovom trenutku, u toku je značajan rad na njihovom daljem razvoju, ali prvenstveno za korišćenje u vidu velikih stacionarnih jedinica za snabdevanje električnom energijom izolovanih mesta i niveliranje strujne potrošnje. Medjutim, u SSSR-u se radi na njihovom razvoju za primenu u električnoj vuči, mada o tome nema detaljnih podataka. Od ostalih vrsta za primenu u električnoj vuči istražuju se sistemi gvoždje-vazduh, cink-vazduh, litijum-vazduh i aluminijum-vazduh.

4.1. Gvoždje-vazduh akumulator

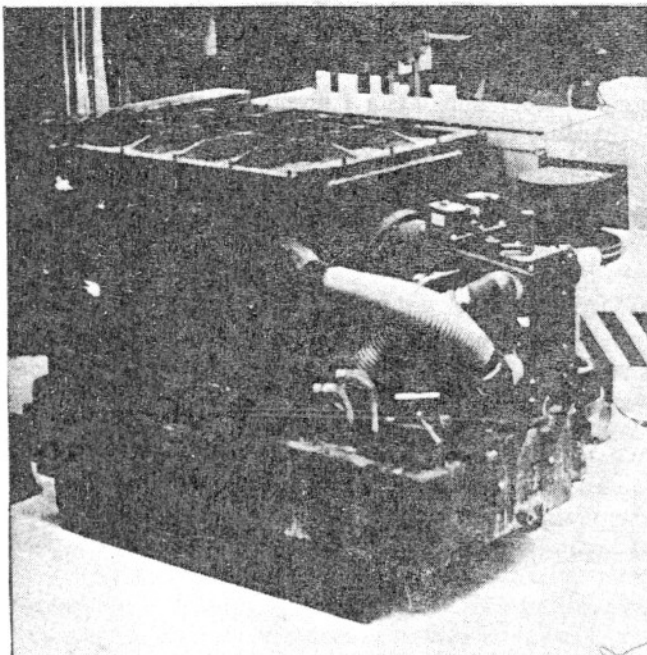
Gvoždje-vazduh akumulator je od posebnog interesa za električna vozila, s obzirom na malu cenu potrebnog materijala, iako gvozdene elektrode nema neke posebno dobre karakteristike, naročito sa gledišta dužeg očuvanja energije, zbog relativno velikog samopražnjenja. Na slici 12. prikazan je shematski presek jedne Fe-vazduh baterije japanske proizvodnje (4), a koja je korišćena u eksperimentalnom električnom vozilu EV-1. Ostvareno je 80 Wh/kg i oko 200 ciklusa, a radila je u kombinaciji sa olovnim akumulatorom velike specifične snage. Ranije pomenuta švedska firma SNDC je svoje sinterovane gvozdene elektrode upotrebila za izradu Fe-vazduh baterije (13). Na slici 13. prikazan je shematski presek ove baterije (4), a na slici 14. izgled jedne 30 kW baterije. Radne karakteristike ove baterije prikazane su na dijagramu na slici 15.



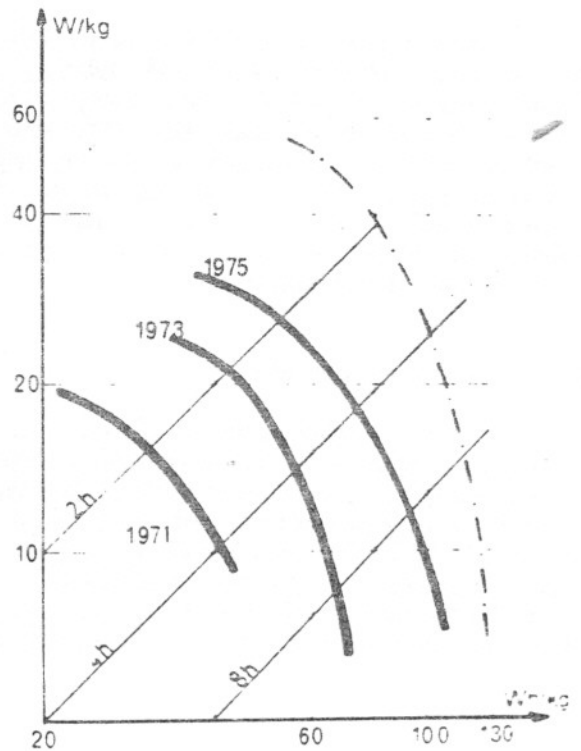
Slika 12. Shematski prikaz gvozdje-vazduh akumulatora (Yuasa Battery Co.): 1- Vazdušna elektroda; 2- gvozdjena elektroda; 3- pomoćna elektroda za punjenje; 4- separator; 5- elektrolit; 6- čelija.



Slika 13. Shematski prikaz baterije gvozdje-vazduh firme SNDC; 1- uvod vazduha; 2- ramovi; 3- gvozdjene elektrode; 4- vazdušne elektrode; 5- višak vazduha; 6- elektrolit.



Slika 14. 30 kW gvozdje-vazduh baterija firme SNDC.



Slika 15. Radne karakteristike gvozdje-vazduh baterije firme SNDC (bez pomoćnih uredjaja). Isprekidanom linijom prikazane su očekivane karakteristike optimizirane verzije.

Verovatno se može očekivati da ovaj tip akumulatora, uz neophodna poboljšanja, naročito veka rada i broja ciklusa ima značajnu perspektivu za korišćenje u električnim vozilima.

4.2. Cink–vazduh akumulatori (baterije)

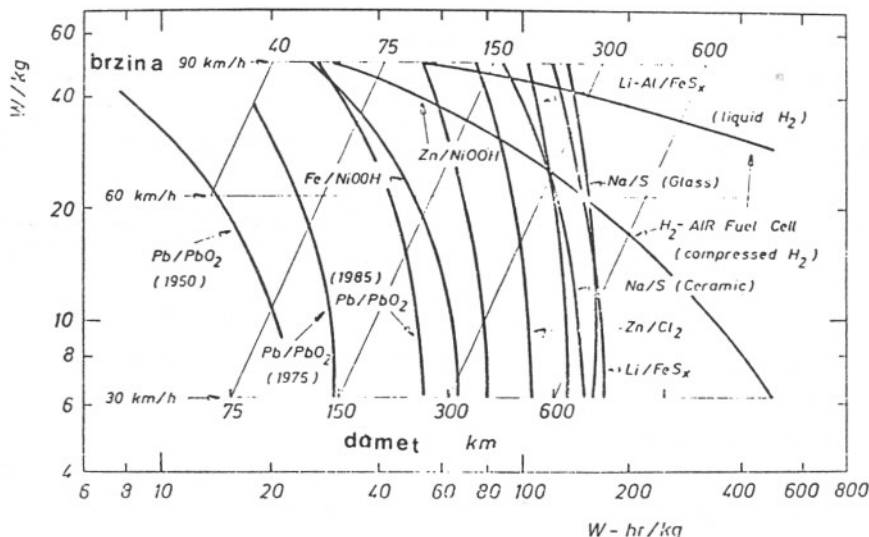
Cink–vazduh sistem je ispitivan za korišćenje u električnim vozilima u vidu primarne baterije (baterije sa izmenljivim anodama) ili akumulatora sa regeneracijom cinkove anode punjenjem električnom strujom. Izgleda međutim, da se u proteklom dvogodišnjem periodu sa ovim sistemom nije postigao nikakav značajniji napredak, i da osnovni problem ovog tipa u akumulatorskoj verziji, cinkova elektroda i rast dentrita, odn. gubitak kapaciteta posle relativno malog broja ciklusa, i dalje predstavlja ozbiljan tehnički problem koji nije rešen.

4.3. Litijum–vazduh i aluminijum–vazduh baterije

Litijum–vazduh i aluminijum–vazduh baterije predstavljaju dva vrlo interesantna elektrohemijiska sistema, koji se u poslednje vreme sa interesovanjem ispituju, iako, zbog nemogućnosti taloženja litijuma i aluminijuma iz vodenih rastvora mogu da se praktično koriste samo u vidu baterije sa izmenljivim anodama. Međutim, karakteristike ovih baterija čine ih potencijalno interesantnim i za električnu vuču, iako je njihov razvoj prvenstveno bio namenjen drugim potrebama. Tako Lockheed razvija litijum–vazduh bateriju od koje očekuje da sa jednim punjenjem vodom i ugljen dioksidom, i uklanjanjem reakcionog porizvoda, litijum karbonata, svakih 300 km (uz punjenje litijumom na svakih 1500 km) može da obezbedi električni pogon standardnog američkog automobila. Slični naponi se čine i sa aluminijum–vazduh baterijom, pri čemu je nedovoljno aktivno reagovanje aluminijuma vrlo značajno poboljšano legiranjem sa malim dodacima određenih komponenta. U tom pogledu su postignuti značajni rezultati kod nas u laboratorijama Instituta za elektrohemiju IHTM i Tehničkog instituta SANU (9), naročito za korišćenje u neutralnim vodenim rastvorima NaCl, dok su takodje značajni rezultati izgleda postignuti i kod firme Olin Matheson i Reynolds Aluminium u SAD uz legiranje aluminijuma određenim dodacima i korišćenjem 10 – 30% vodenog rastvora NaOH kao elektrolita. Iako ove baterije mogu da postignu vrlo interesantne tehničke karakteristike za primenu u električnim vozilima, može se konstatovati da je njihov trenutni nivo razvijenosti još uvek nedovoljan da bi se očekivala njihova skora primena u ove svrhe.

5. Zaključak

Analizirajući sve prethodno izloženo svakako se može izvući zaključak da se razvoj hemijskih izvora struje kreće značajno ka ostvarenju neophodnog izvora struje koji bi mogao da zameni benzinski motor uz relativno zadovoljavajuću ekonomiku ovakvog pogona. U ovom trenutku izgleda da se sa olovnim akumulatorima savremene konstrukcije verovatno može postići neophodna ekonomika u urbanim uslovima, dok se razvojem drugih tipova akumulatora, to može očekivati i za neke druge tipove u relativno skoroj budućnosti. Možda se najbolji pregled trenutnog stanja i perspektive korišćenja akumulatora može dobiti sa dijagrama prikazanog na slici 16.



Slika 16. Dijagram medjuzavisnosti specifične energije i specifične snage, dometa vozila sa jednim punjenjem i brzine vozila za različite tipove akumulatora i izvora struje (prema (20)).

Ovde su prikazane trenutne i projektovane osobine pojedinih tipova akumulatora i proračunate mogućnosti ovih baterija, ako bi se u masi od 300 kg montirale kao pogonski izvor energije u električni automobil ukupne mase 1300 kg. U dijagramu su prikazane i očekivane daljine (dometi) ovakvog vozila sa jednim punjenjem u zavisnosti od vrste baterije i brzine vožnje. Kao što se sa ovog dijagrama vidi niz akumulatora već sada zadovoljava tehničke zahteve u pogledu brzine i dometa vozila.

Stvarni trenutni problem za primenu akumulatora je izgleda nedovoljan broj ciklusa koje oni mogu da izdrže i sa tim u vezi ekonomika njihovog korišćenja, naročito ako se poredi sa doskorašnjom situacijom kod benzinskog pogona. Lako se može desiti da se zbog problema snabdevanja naftom i ovde znatno izmeni situacija.

LITERATURA:

1. D.M. Dražić, Razvoj rezervoara energije za pogon autonomnog električnog vozila, Električna vozila 1976. Biro za AEV, Institut tehničkih nauka SANU, Beograd 1977. str. 15.
2. T. Takadaki, The 1977 situation in lead-acid batteries performances and future prospects, Progress in Batteries and Sollar Cells, Vol. 1. 1978, JES Press Inc., p. 17.
3. Lead-Power News, No 10, 1978, p. 4 - 7.
4. K. Morohashi, S. Hattori, Recent developments in batteries for electric vehicles, Progress in Batteries and Sollar Cells, Vol. 1, 1978, JES Press Inc., p. 144.
5. M.J. Caserio, An automobile manufacturers overview of the battery market, *ibid.*, p. 80.
6. S. Kano, K. Ando, Maintenance-free automotive battery, *ibid.*, p. 95.
7. D. Barndt, S.Ch. Nijhawan, Stationary batteries with fine grain low antimony lead alloys, *ibid.*, p. 141.
8. C.E. Weinlein, Design aspects of a unique lead-acid electric vehicle battery, The Fifth International Electric Vehicle Symposium, Philadelphia, 2.-5. Oct. 1978. 783105(E).
9. B.W. Burrows, W.J. Wysor, R.J. Hertmar, Semi industrial batteries for electric vehicles, *ibid.*, 783301(E).
10. J. Alzien, B. Geofrion, N. Lecande, J. Robert, Structure of lead-acid batteries adjusted to fast charge, *ibid.*, 783205(E).
11. E.A. Rowland, G.S. Hartman, Evaluation of battery performance for an electric vehicle with regenerative braking, *ibid.*, 783106(E).
12. C.E. Weinlein, J.R. Pierson, A new grid alloy for high performance maintenance-free lead-acid batteries, Power Sources 7(J. Thompson Ed). Academic Press, London, 1979, p. 67.
13. B. Anderson, L. Ojefors, Optimization of iron-air and nickeloxide-iron traction batteries, *ibid.*, p. 329.
14. M. Jacquier, C. Lancelie, The different possibilities of application of Cd/Ni batteries for traction on road electric vehicles, The Fifth International Electric Vehicles Symposium, Philadelphia, 2-5. Oct. 1978. 783103(E).
15. J. Jindra, J. Mrha, Z. Zebrowsky, V. Kondelka, J. Malik, Nichtgesinterte Elektroden fur das System Nickel-Cadmium, 3. Internationales Symposium „Elektrochemische Stromquellen“, Dresden, 25.-28; Apr. 1978.
16. V.E. Dmitrenko, Istočniki toka na osnove nikel-cinkovoj elektrohimičeskoj sistemi dlja elektromobilej, *ibid.*
17. O von. Krusenstierna, High-energy long-life zinc battery for electric vehicles, Power Sources 6 (H. Collins Ed.) Academic Press, London, 1977, p. 303.
18. Electric Vehicles News, May 1978, p. 4.
19. A R. Despić, D.M. Dražić, M.M. Purenović, N. Ciković; „Electrochemical properties of aluminium alloys containing indium, gallium and thallium, J. Applied Electrochem., 6 527 (1976)
20. K. Kordesch, Electrochemical energy storage, International Assembly on Energy Storage, May 1979., Dubrovnik

AKTUELNE RAZVOJNE AKTIVNOSTI U PODRUČJU ELEKTROVOZILA

1. Uvod

Poznati energetske i ekonomske razlozi i nadalje traže brže uvođenje u saobraćaj novih vidova energije, a time i novih pogonskih sistema. Pogon električnom energijom predstavlja u ovom smislu još uvek najrealnije rešenje, koje može da se ostvari u relativno kratkom periodu. Otuda veoma ambiciozni planovi uvođenja vozila sa elektropogonom u mnogim zemljama već u narednih nekoliko godina. U SAD se planira, na primer, da u 1990. godini bude u saobraćaju 9 miliona vozila gonjenih elektromotorom, a zemlje Zajedničkog tržišta očekuju da će u istoj godini na putevima devet zemalja Evrope biti oko 7 miliona elektrovozila,¹ od čega samo u SR Nemačkoj preko 2,5 miliona, Francuskoj oko 1,7 miliona (od ukupno 24 miliona),² itd. Ovi planovi su, pri tome, zasnovani na odlukama vlada ovih država, odnosno imaju sasvim određenu materijalnu osnovu. Poznato je da su značajne odluke u ovom smislu doneli čak i parlamenti industrijski najrazvijenijih zemalja.

U ovakvoj situaciji sasvim je logično da se razvojem vozila sa elektropogonom bavi čitav niz firmi i drugih organizacija, a često i mnoge državne ustanove, ministarstva, komiteti, itd. Osnivaju se i određene međudržavne organizacije, kakva je, na primer, asocijacija AVERE – Evropska asocijacija za elektrovozila, koja deluje blisko Zajedničkom tržištu, a okuplja mnoge firme iz oblasti proizvodnje elektroenergije, proizvođače vozila, električnih i elektronskih komponenta.¹

Usmeravajući pažnju na proizvodnju samih vozila, odnosno na aktuelne razvojne projekte u području vozila prilagodjenih ili orijentisanih na primenu elektropogona, zapaža se prisustvo velikog broja snažnih firmi u najrazvijenijim zemljama (Volkswagen, Dajmler Benc, Fiat, Reno, a zatim Dženeral Motors, Ford, Krajzler, skoro svi proizvođači vozila u Japanu, itd). Bitno je da se istakne, pored toga, da se značajne aktivnosti u razvoju vozila za primenu elektropogona odvijaju i u relativno malim firmama, čije su programske orijentacije proizvodnja karoserija, nadgradnji ili specijalnih adaptacija vozila visoko serijske proizvodnje. U ovim slučajevima se često ostvaruje saradnja sa snažnim firmama u oblasti elektroindustrije, proizvođačima akumulatora, i slično a takodje i sa državnim ustanovama i fondovima, naučnim institucijama itd. To pokazuje da se na ovim razvojnim zadacima mogu, i to vrlo uspešno, da angažuju i organizacije čiji su ukupni potencijali relativno skromni.

2. Neke karakteristike aktuelnih razvojnih aktivnosti

Analizirajući, čak i površno, razvojne orijentacije u pojedinim firmama, organizacijama ili zemljama, zapaža se velika raznolikost u prilazima, polaznim koncepcijama, a naročito u konstrukcijskim rešenjima. Iako ima puno rešenja za koja se jasno može oceniti da su inicirana ili inspirisana nekim već ranije razvijenim, ima mnogo slučajeva koji zaista predstavljaju istraživačke zahteve, zasnovana na nekim još nedovoljno proverenim koncepcijama. Ovo je i logično ako se ima u vidu da se radi ipak o relativno novom području tehnike koje još nije dovoljno afirmisalo prava rešenja, za pojedine posebne slučajeve primene vozila. Drugim rečima razlike u polaznim koncepcijama, govore da još uvek nije ostvareno rešenje vozila sa elektropogonom koji se može smatrati sasvim uspešnim, odnosno tačnije rečeno, boljim od postojećih vozila, gonjenih motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. Sve ostvarene i proverene konstrukcije, i pored mnogih veoma privlačnih karakteristika, izazivaju i određena nezadovoljstva, koja im znatno snižavaju ukupnu ocenu.

Ova nezadovoljstva potiču, ukoliko se prihvati relativno grubo uprošćavanje inače vrlo složene problematike, prvenstveno iz dva razloga:

- neadekvatnih karakteristika akumulatorskih baterija i
- visoke proizvodne cene vozila.*

Uz ovo se ponekad dodaje i problem navika korisnika vozila, kao i nerazvijenost sistema opsluživanja i održavanja elektrovozila. Izvesno je, međutim, da će se navike lako promeniti ako se dodje do vozila koje će biti na nivou ili još i bolje od današnjih, a tada će se i problem opsluživanja i održavanja elektrovozila lako rešiti.

*Troškovi pogona se često ističu kao značajna prednost elektrovozila u odnosu na vozila sa konvencionalnim pogonom, čime se u velikom stepenu neutrališe visoka proizvodna cena. Ceni se da je ovo uslovljeno prvenstveno fiskalnom politikom. U ceni naftinih derivata koji se koriste u saobraćaju značajno učestvuju razni doprinosi. Ako bi se ovi doprinosi obračunavali i za električnu energiju koju troše vozila, pa čak i pri sniženim tarifama u noćnim časovima, verovatno bi se dobile neke druge uporedne ocene. U odnosu na proizvodnu cenu vozila situacija je jasnija, mada se i u ovom pogledu ostvarivanjem visoko-serijske proizvodnje može očekivati snižavanje proizvodne cene elektrovozila. U ovom trenutku proizvodna cena vozila sa elektropogonom osetno je viša nego pri korišćenju konvencionalnih motora.

Elektrovozila koja se razvijaju ovih godina, a i ona čiji se razvoj planira za naredni srednjeročni i kratkoročni period, nastoje da reše istaknute nedostatke, i to na različite načine. Posebni značaj u ovom okviru ima orijentacija na relativno skromne performanse, tj. relativno ograničenije zahteva koji se postavlja sa stanovišta performansi (maksimalne brzine, ubrzanja, dometi). Osim toga, zapaža se i šire oslanjanje na raspoložive akumulatorske baterije, tj. usavršene verzije olovnih akumulatora većih kapaciteta.

Očigledno, radi se o usvajanju određenih kompromisa, što i predstavlja najrealniji pokušaj rešenja protivrečnih zahteva koji proističu iz nastojanja da se dodje do elektrovozila zadovoljavajućih performansi i prihvatljive cene. Ovim kompromisom međutim, teško mogu da se ostvare rešenja koja će biti bolja od današnjih, tako da penetracija elektrovozila u saobraćaj mora biti podsticana i na druge načine. Drugim rečima, sve dok se računa sa relativnim umanjnjem performansi, manjim maksimalnim brzinama i manjim ubrzanjima, uz relativno ograničene radijuse kretanja (između dva punjenja akumulatora), nije realno da se očekuje spontana penetracija elektrovozila u saobraćaj, bar ne u znatnijoj meri, već je neophodno da se ovo ostvari fiskalnom politikom ili drugim oblicima regulative.* Očigledno je da se ovo i ima u vidu kada se utvrđuju ranije pomenuti planovi uključivanja vozila sa elektropogonom u saobraćaj i u tom smislu svakako da se zadovoljavajuća rešenja i mogu da ostvare.

Polazeći od ovih osnovnih orijentacija, diktiranih ostvarenim stepenom razvoja u elektrohemiji, odnosno u proizvodnji akumulatorskih baterija, zapažaju se određene karakteristične orijentacije i u gradnji samih vozila. U ovom okviru pre svega treba da se ukaže na sve veći interes za primenu hibridnih pogona, posebno sa inercionim akumulatorima energije (sa zamajnim masama), a zatim i na traženje konstrukcijskih i drugih rešenja koja će omogućiti manju potrošnju energije, za isti transportni ili drugi korisni rad. Oba ova nastojanja imaju veoma snažnu logiku i predstavljaju sigurne puteve za uštedu energije. Nema nikakve sumnje da će i u bližoj budućnosti, kada na raspolaganju budu veoma efikasne i snažne akumulatorske baterije, niske proizvodne cene, sva uspešna rešenja u gradnji vozila, uključujući i primenu raznih oblika mehaničkog akumuliranja energije, regenerativnog kočenja i slično, biti takodje veoma interesantna i primenljiva.

O inercionim akumulatorima energije i njihovoj primeni na vozila, kao i u drugim područjima mašinstva, postoji već dosta iskustva. Sasvim je izvesno da je ovo veoma efekatan način akumuliranja energije sa visokim stepenom korisnosti, koji omogućava praktično neograničen broj ciklusa punjenja i pražnjenja i to u kratkim vremenskim intervalima. Njihova šira primena bila je ograničena, međutim, ne samo nemogućnostima dugotrajnog akumuliranja energije već i relativno visokim proizvodnim cenama. Određen uticaj imali su i aspekti bezbednosti, koji nameću potrebu uvođenja posebnih mera zaštite. Najnovijim istraživanjima ovi nedostaci su u velikom stepenu otklonjeni. Umesto čelika, obruči zamajca u kojima se akumulira energija rade se od posebnih „kompozit“ materijala, dok su glavčine često od aluminijuma. Tako se omogućavaju manje težine, siguran rad pri vrlo velikim brojevima obrtanja, umerene cene. Obezbeđenjem vakuuma u prostoru zamajca ostvaruju se veoma mali gubici na trajanje, tj. visoki stepeni korisnosti. Sve to omogućuje da se uz relativno malo povećanje cene vozila ostvaruje ušteda energije za oko 20–30%, povećanje mogućeg broja punjenja i pražnjenja olovni akumulatora za 300 do 500 (prema rezultatima dobijenim na izvedenim vozilima), bolje performanse, tj. veća ubrzanja i bolje savladjivanje uspona, povećanje radijusa kretanja, itd.

Nastojanja da se smanji potrošnja energije odrazila su se i na druge delove vozila. Sve je više izražena tendencija što većeg smanjenja otpora kretanju, počev od otpora vazduha — što se odražava na razvoj aerodinamičkih oblika karoserija, pa do otpora kotrljanju — što upućuje na primenu posebnih vrsta pneumatika. Veoma je izražena i tendencija smanjenja sopstvene težine vozila, primenom lakih legura, prvenstveno na bazi aluminijuma, ali isto tako i primenom plastičnih masa. Istražuju se i nove tehnologije, lepljenje metalnih limova, plastičnih panela, itd. Veoma se nastoji da se vozilo i u drugim detaljima što više prilagodi elektropogonu, kako sa energetskog, tako i sa funkcionalnog stanovišta.

Posebno se istražuju mogućnosti efikasne regeneracije energije kočenja. Inercioni akumulatori energije i punjenje elektro—akumulatorskih baterija energijom kočenja imaju i u ovom pogledu dobre izgleda. U vezi sa kočenjem istražuju se i novi prenosni mehanizmi, posebno za vozila srednjih težina kod kojih se danas koriste razne vrste vakumskih servo—pojačala (koji se ne mogu primeniti kod vozila sa elektromotorom).

Date napomene o aktuelnim orijentacijama u razvoju vozila sa elektropogonom govore da je poslednjih godina sve više prisutna i tendencija razvoja vozila posebno za ovu vrstu pogona. Do nedavno je, naime, pretežno radjeno na adaptacijama postojećih vozila ovom novom pogonu, tj. u gradnji elektromotora i akumulatora, umesto motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Iako su ovakva rešenja, pa čak i razvojne tendencije, prisutne i danas, sve je više vozila koja se planski od početka svog razvoja usmeravaju na pogon električnom energijom. Svakako da se od ovih vozila može u narednim godinama mnogo više i da očekuje.

Prikaz nekih značajnih konstrukcija vozila ostvarenih poslednjih godina doprineće boljem sagledavanju objašnjenih pravaca razvoja elektrovozila.

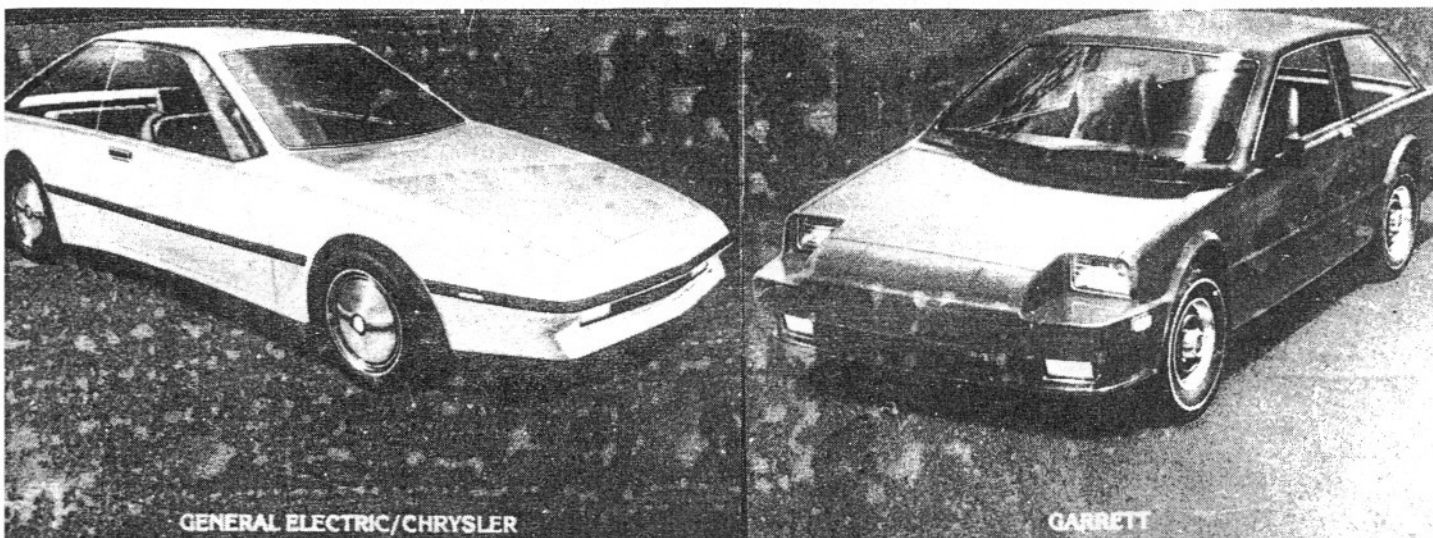
*Odluka SIV—a od 12. aprila ove godine sistem par—nepar, ističe i kod nas ovo pitanje kao vrlo aktuelno.

3. Karakteristični primeri

Od brojnih konstrukcija elektro vozila razvijenih posljednjih godina, i to kako za prevoz putnika, tako i za prevoz tereta, ukazaće se na neke koje se mogu oceniti kao posebno karakteristične i značajne.

Od putničkih vozila posebnu pažnju privlače dva vozila – Krajzler–Dženeral Električ i Garet, razvijena u SAD na osnovu već dobro poznatog zakona donetog u Američkom Kongresu 1976. godine.³ Oba vozila (sl. 1) razvijena su tako da se zadovolje prethodno utvrđeni zahtevi, medju kojima se posebno ističe sledeći:

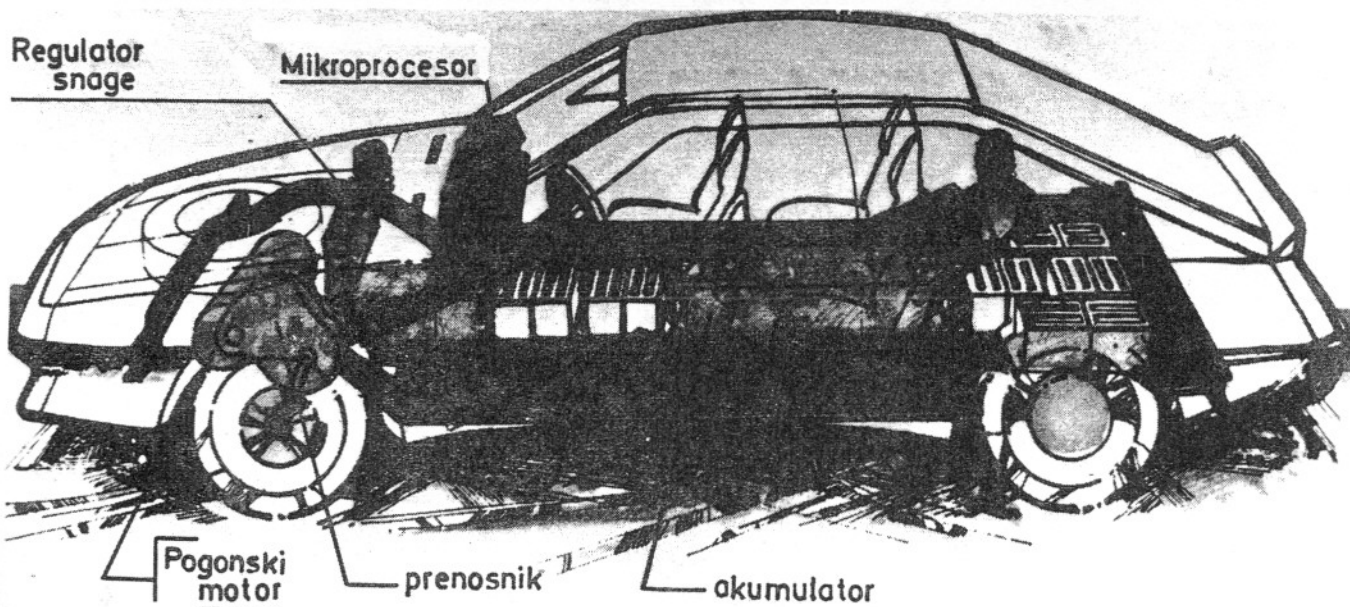
- radijus kretanja 120 km
- broj putnika 4
- maksimalna eksploataciona brzina 90 kmh^{-1}
- maksimalna prolazna brzina 100 kmh^{-1}
- ubrzanje (zalet) od 0 do 50 kmh^{-1} za 9 s
- brzina na usponu od 5% 80 kmh^{-1}



Sl. 1

Pored toga, zahtevano je da se primene postojeće tehnologije, odnosno tehnologije koje će biti na raspolaganju u neposrednoj budućnosti, kao i proizvodni procesi koji će biti aktuelni sredinom 80-tih godina. Zahtevano je, takdje, da se zadovolje svi Federalni propisi koji se odnose na bezbednost vozila u saobraćaju.

Vozilo Krajzler–Dženeral Električ (sl. 2) ima pogon jednosmernim motorom, napajanim iz 18 olovnih akumulatora. Karoserija je posebno aerodinamički oblikovana, tako da izaziva vrlo mali otpor vazduha, navodno



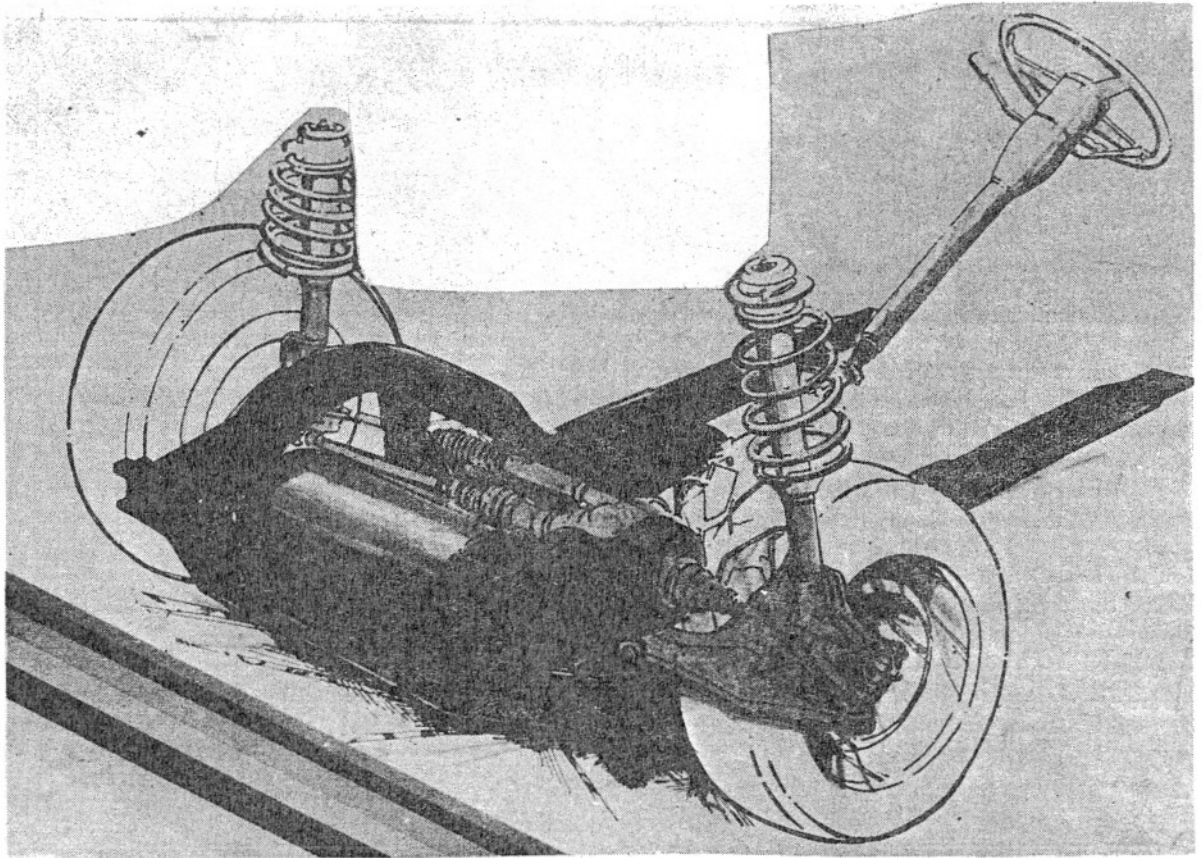
Sl. 2

čak 40% manje od današnjih karoserija srednje teških putničkih vozila. Cela konstrukcija je samnoseća, uz široko korišćenje lakih legura. Aluminijski limovi su primenjeni na više mesta, a osim vetrobrana svi prozori su izradjeni od specijalne plastične mase, otporne na abrazivna oštećenja.

Posebnu pažnju privlači sistem prenosa snage i regulisanja motora kod ovog vozila. U vozilu se, naime, nalazi procesni računar, koji obavlja više funkcija: komanduje regulatorom broja obrtaja (tipa čopera), obezbeđuje regenerativno kočenje, aktivira praznjenje, odnosno uključivanje akumulatora, signalizira eventualne neispravnosti i daje druge potrebne informacije vozaču (na komandnoj tabli, preko displeja), o stanju napunjenosti akumulatora, brzini kretanja, itd.

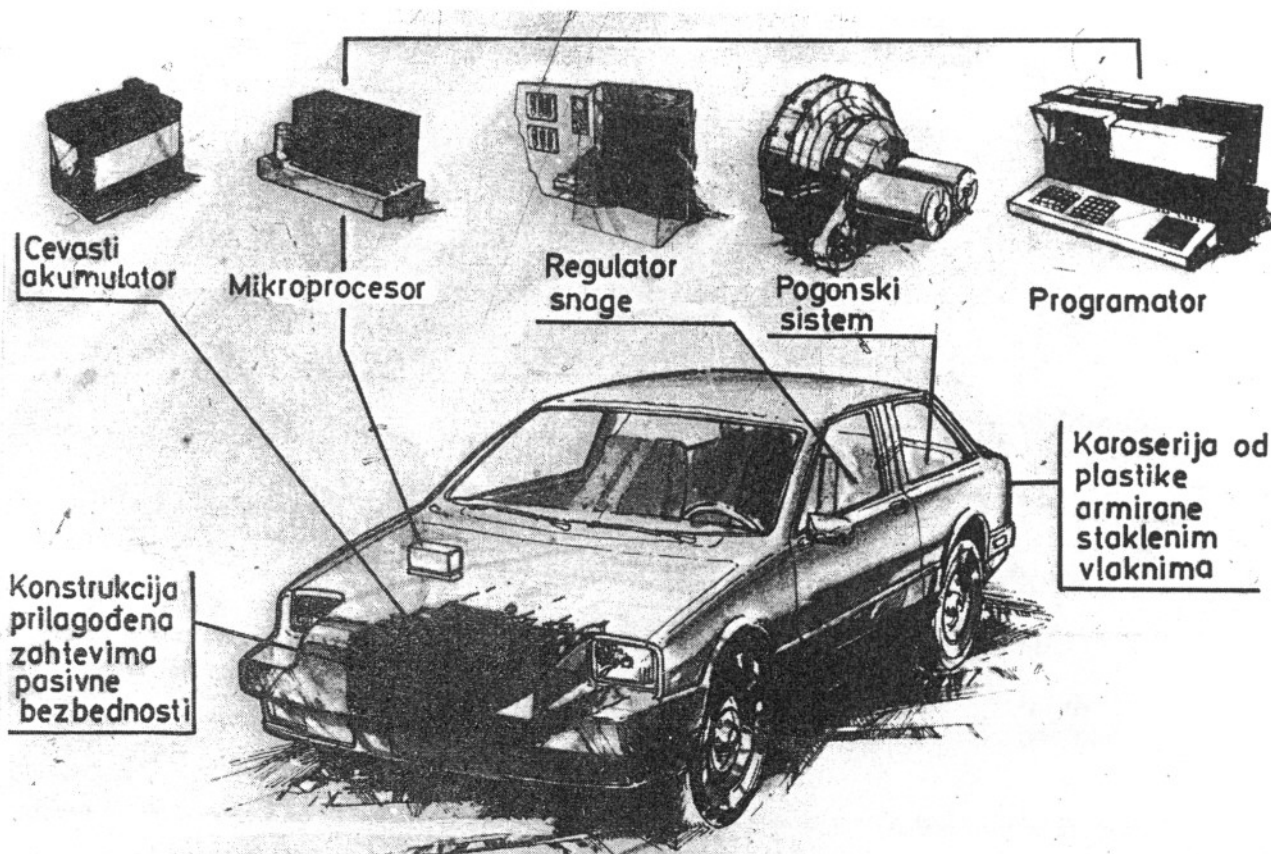
Vozilo Krajzler–Dženeral Elektrik ima pogon na prednje točkove, oslonjene preko Mek–Fersonovih vodjica (sl. 3). Na samom prednjem mostu smešten je i motor, šta daje veoma kompaktnu i prikladnu konstrukciju. Za prihvatanje motora na samnosećoj karoseriji postoji posebno izveden poluokvir, što je i inače tipično za američka putnička vozila. U ovom slučaju, međjutim, primenjeno rešenje ima mnoga originalna obeležja.

Prototipovi Krajzlerovog vozila veoma su svestrano ispitivani. Pored ostalog obavljena su i sudarna ispitivanja, i to posebno sa ciljem utvrđivanja ponašanja akumulatora u vozilu, odnosno eventualnih uticaja na bezbednost putnika, sa stanovišta prodiranja akumulatora u prostor putnika, prodiranja kiseline ili pojave požara. Navodi se da je ovaj test obavljen pri brzini od 50 kmh^{-1} i da je dao sasvim zadovoljavajuće rezultate. Za naredni period se predviđa provera saglasnosti i sa ostalim zahtevima Federalnih propisa, ali veliki troškovi ovih ispitivanja upućuju na primenu metoda ispitivanja bez razaranja, pa čak i na svodjenje cele opitne tehnike na neke najosnovnije merne metode, ili samo na analize konstrukcije.



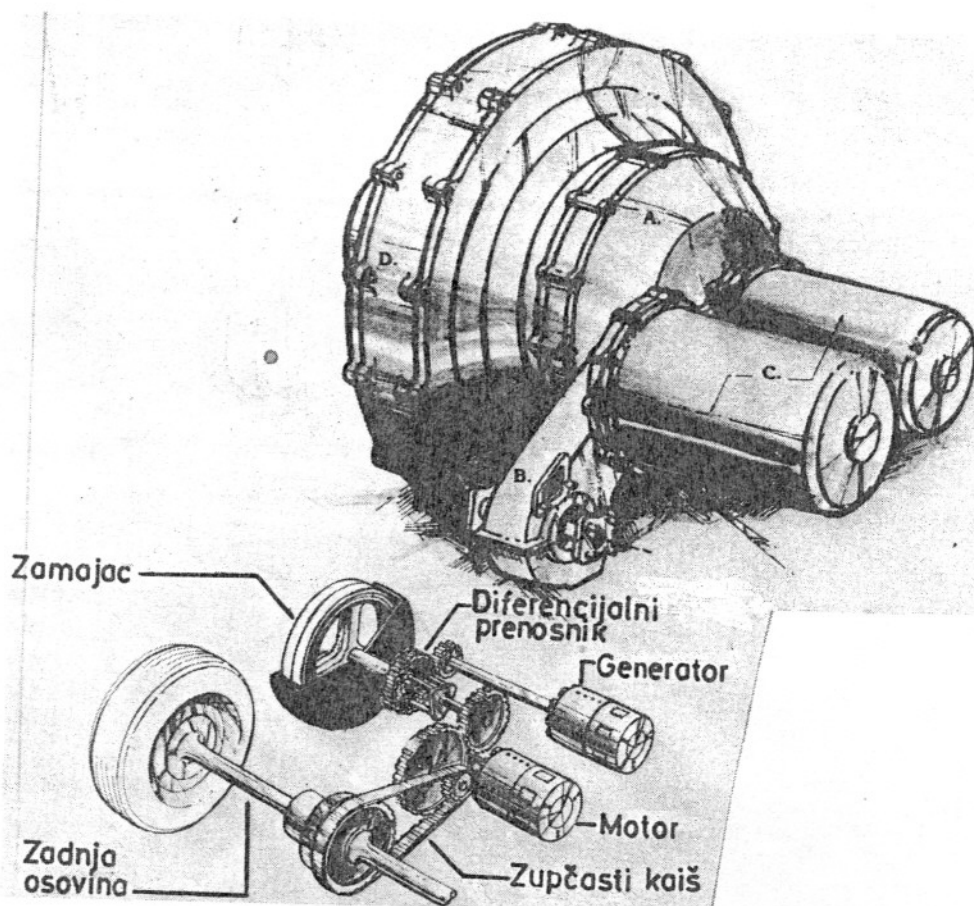
Sl. 3

Vozilo Gareth (sl. 4) razvijeno je u saradnji više, relativno manjih firmi. Za razliku od prethodnog, u ovom slučaju je primenjen hibridni pogon, sa inercionim akumulatorom energije. Pogon je ostvaren na zadnje točkove, takodje u veoma kompaktnom i dobro promišljenom rešenju, a i u ovom slučaju u vozilo je ugradjeno 18 akumulatora, smeštenih u tunelu ispod prostora za smeštaj putnika.



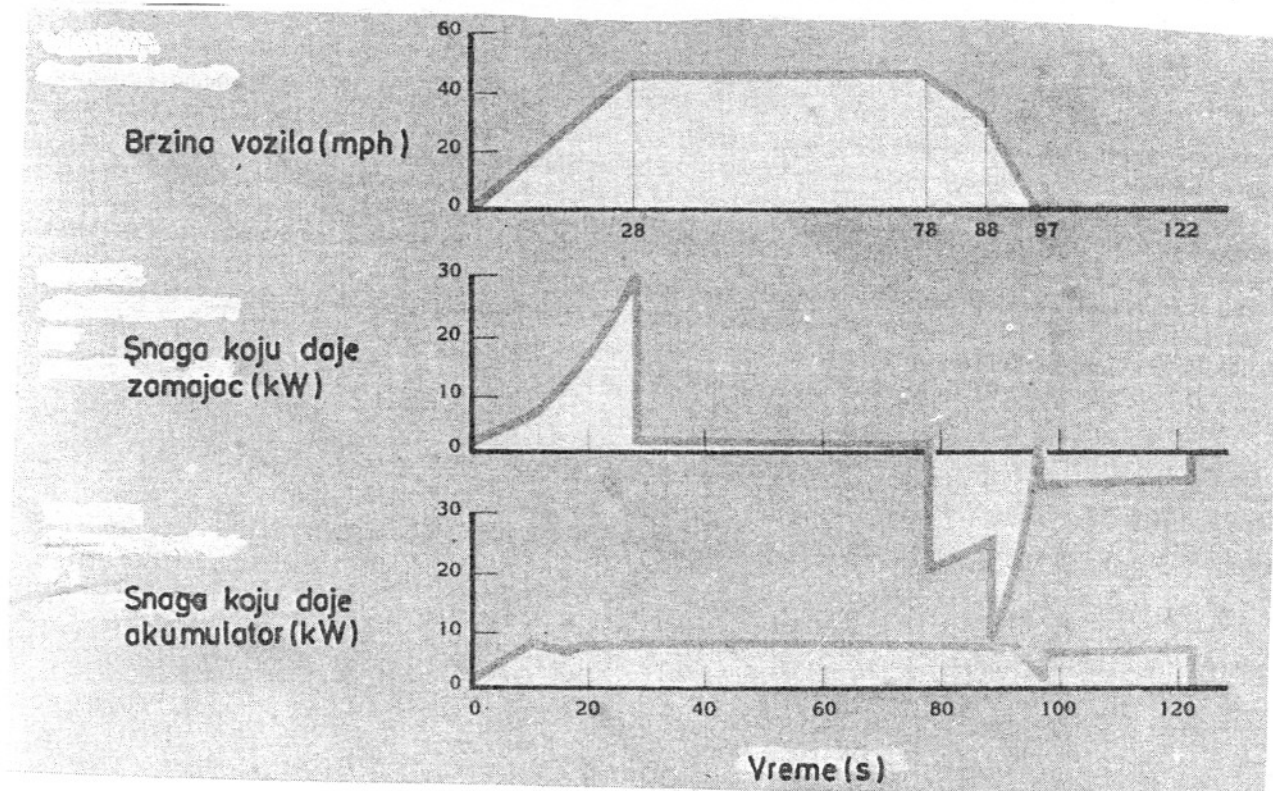
Sl. 4

Najveću pažnju kod vozila Gareth privlači sistem pogona i prenosa snage (sl. 5). U elektrotehničkom delu primenjene se dve električne mašine: motor i generator, a u mehaničkom: sistem zamajca, zupčasti prenosnik snage i kaišnik na mestu glavnog prenosnika. Venac tj. obruč zamajca je izradjen od kompozitnog materijala, i to sa više prstenova izradjenih od mešavine epoksi smole i fiberglasa i od mašavine epoksi smole i najlonskih vlakana (Kevlar, koji se koriste i u proizvodnju pneumatika). Zamajac se nalazi u kućištu, u kome se pomoću dve posebne vakuum pumpe ostvaruje podpritisak od oko 730 mm Hg stuba. Zamajac je vezan neposredno za planetarni prenosnik sa kontinualnom promenom prenosnog odnosa a preko njega za točkove. Pogonski jednosmerni motor je posebno razvijen i cení se kao veoma uspešan. Ovaj motor je neposredno vezan za zadnje točkove preko zupčastog i kaišnog prenosnika. Drugi motor ima funkciju generatora koji omogućava regenerativno kočenje, čak i pri veoma malim brzinama kretanja vozila (sve do 6 kmh^{-1}).



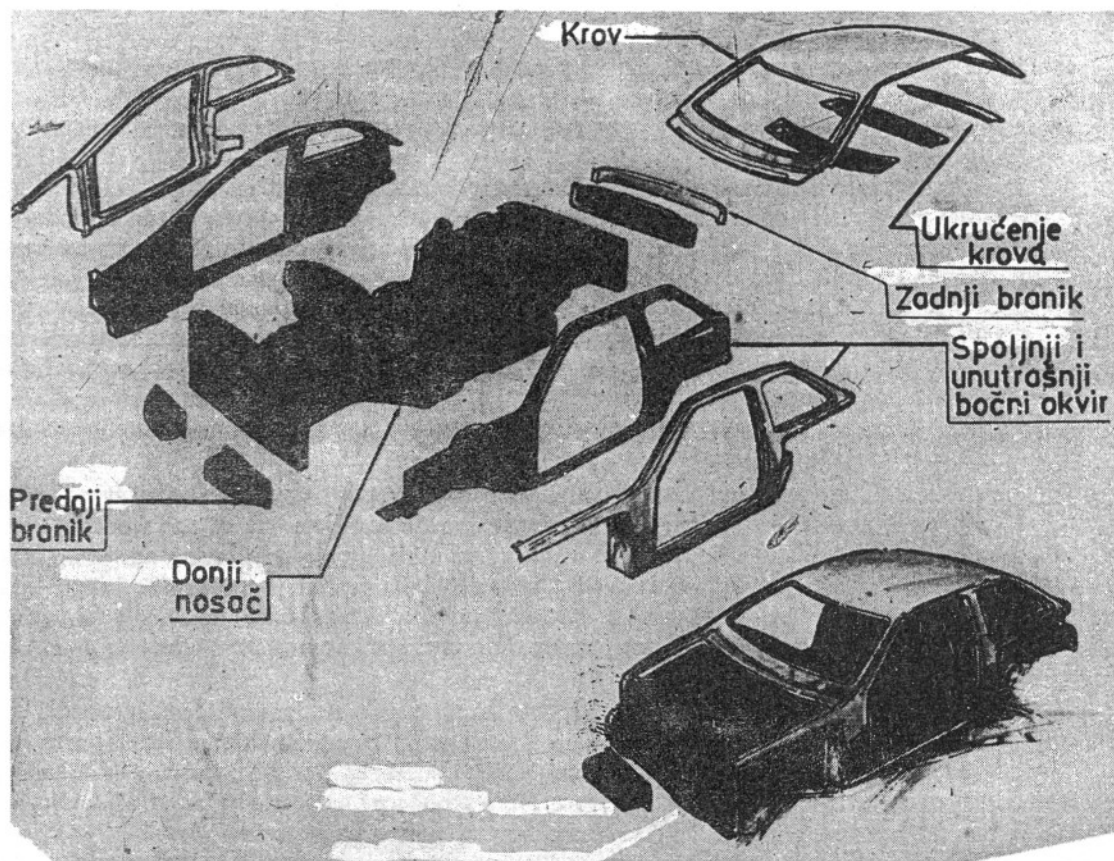
Sl. 5

Princip rada primenjenog hibridnog pogona najbolje se vidi na slici 6, i to bez nekih dodatnih objašnjenja.



Sl. 6

Karoseriya vozila Garet, koja je aerodinamički takodje vrlo uspešno rešena, izradjena je od plastične mase, ojačane, tj. armirane staklenim vlaknima (sl. 7). Prototipovi su izradjeni ručno, ali je predvidjeno da se proizvodnja ostvari pomoću jednostavnih alata. I u ovom slučaju su svi otvori pokriveni plastičnim prozorima, izuzev vetrobrana, dok su pojedini elementi samonoseće karoserije spojeni lepljenjem.



Sl. 7

I vozilo Garet je podvrgnuto sudarnim ispitivanjima, ali ne na realnom vozilu već na dva put umanjenom modelu karoserije od iste plastične mase.

Slična veoma uspela rešenja putničkih vozila ostvarile su i druge firme. Pomenimo vozila Sitikar, Komjuterkar u SAD, veoma uspešno vozilo FIAT i druga. Od vozila koja predstavljaju adaptacije već postojećih vozila, valja da se posebno istakne VW-Golf, koji je rešen u dve varijante: sa mehaničkim i sa hidromehaničkim prenosnikom snage.⁵ U oba slučaja ugradjen je motor nominalne snage 12 kW (vršna snaga 20 kW), olovni akumulatori imaju masu 325 kg (8 komada po 12 V), maksimalna brzina je oko 75 – 80 kmh⁻¹ a radijus kretanja pri konstantnoj brzini od 50 kmh⁻¹ iznosi oko 75 km (u proseku oko 50 km).

Protetkih godina nastavljen je razvoj i drugih vrsta vozila sa elektropogonom, prvenstveno dostavnih, lakih teretnih i autobusa. Medjutim, iako se i ovde zapažaju nove razvojne koncepcije, tj. nastojanja da se ostvare rešenja posebno prilagodjena ovoj vrsti pogona, ipak još uvek preovladjuju vozila adaptirana na serijskim modelima. Bitnih novina u ovom području, dakle, nema mnogo. Zato će se ukazati samo na neka interesantnija rešenja.

Od dostavnih vozila pažnju privlači više vozila razvijenih u Francuskoj, a posebno dostavno vozilo MUSE, koje se radi u dve varijante, sa nosivošću 250 ili 350 kg.⁶ U ova vozila se ugradjuju klasični olovni akumulatori ukupne mase 330, odnosno 440 kg (za manju i veću nosivost). Radijus kretanja vozila je u oba slučaja oko 100 km. Interesantno je da je noseća konstrukcija rešena od čeličnih limova, dok je kompletna karoserija, uključujući i sanduk za smeštaj tereta, pretežno izradjena od plastike, ojačane staklenim vlaknima.

Slično, a možda i još uspešnije vozilo izradjeno je u Italiji (PGE-ENEL Van8).⁷ Vozilo je nosivosti 800 kg i zatvorene karoserije, kao kod većine današnjih dostavnih vozila. Veoma brižljivim oblikovanjem karoserije, omogućena je njena izrada bez posebno skupih alata za duboko izvlačenje, već samo na jednostavnim mašinama za savijanje i odsecanje. Posebna pažnja je poklonjena bezbednosti i po ovim osobinama (apsorpcioni branici, bočni zaštitnici, posebno krut prostor za smeštaj akumulatora), ovo rešenje predstavlja jedno od najboljih do sada razvijenih.

Valja da se istakne da se i na dostavnim i lakim teretnim vozilima, kao i na autobusima, sve više primenjuju inercioni akumulatori energije,⁸ slično kako je objašnjeno. Isto se odnosi i na hibridni pogon, i to u različitim varijantama,⁹ (ali najčešće sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem).

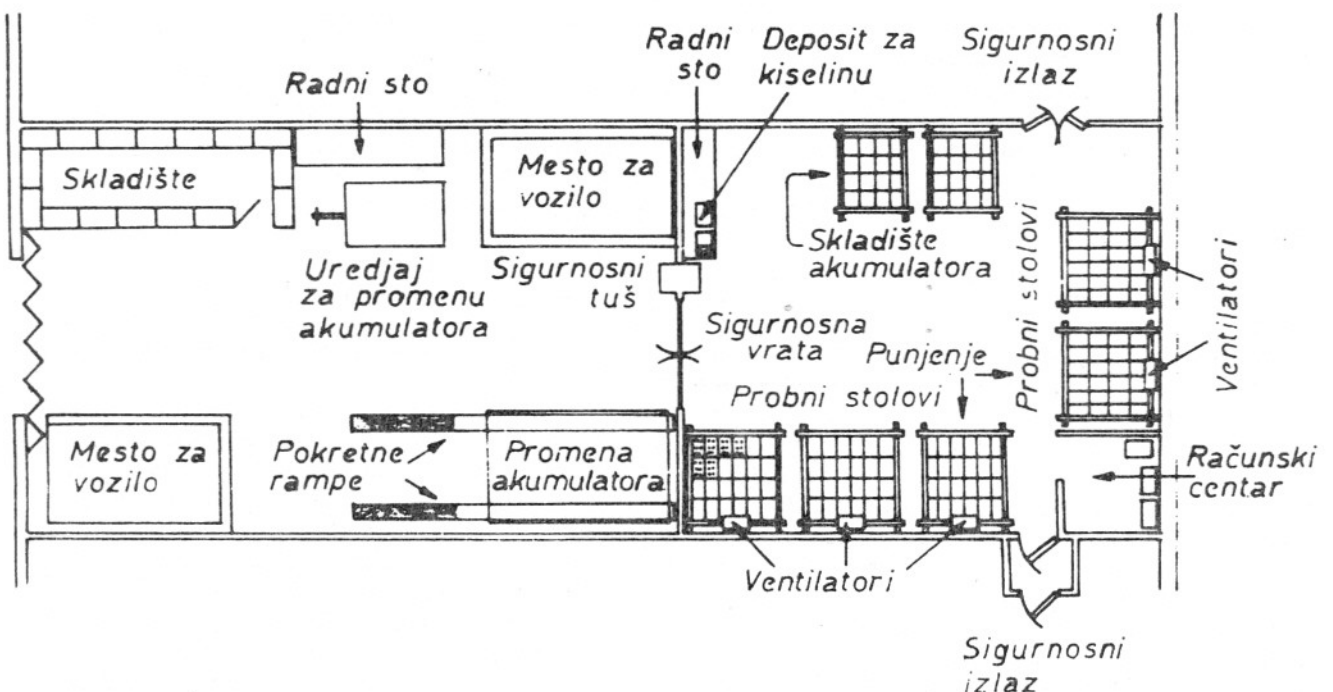
4. Prateće aktivnosti

Intenzivni razvoj elektrovozila i ambiciozni planovi za njihovo široko korišćenje u bliskoj budućnosti podstiču i druge aktivnosti koje treba da doprinesu ostvarivanju postavljenih planova. Ovo se odnosi na više sfera delovanja, a posebno na problematiku bezbednosti elektrovozila u saobraćaju i na sisteme za opsluživanje i održavanje vozila ove vrste.

Vozila sa elektropogonom imaju specifične karakteristike bezbednosti, te se i njihov uticaj na ukupnu bezbednost saobraćaja mora da tretira na posebne načine. Stoga se pozitivni propisi o bezbednosti saobraćaja ne mogu neposredno primenjivati i na vozila sa elektropogonom, odnosno neophodno je da se u postojeće propise unesu određene dopune i izmene. Iako ova problematika još uvek nije dovoljno izučena, bar ne u svim detaljima, posebno u vezi sa veoma različitim koncepcijama izvodjenja elektrovozila (i odgovarajućih hibridnih rešenja), nije teško da se zaključi da mogući problemi bezbednosti elektrovozila mogu biti vezani za akumulatorsku bateriju (njen položaj i uticaj na vozača i putnike u slučaju sudara, kao i uticaje na druge učesnike u saobraćaju), a još više za celu električnu instalaciju, naročito ako se primenjuju viši naponi. U vezi sa ovim ne misli se samo na mogućnosti električnog udara već pre svega na opasnosti od požara. Zbog toga problemima protiv-požarne zaštite treba, kod ovih vozila, posvetiti posebnu pažnju.

Svi pomenuti, a i drugi problemi bezbednosti elektrovozila predmet su detaljnih izučavanja, a u nekim državama se već donose i određeni propisi. Posebno je značajno da se istakne da su već preduzeti koraci za donošenje odgovarajućih propisa na međunarodnom nivou, tj. za uskladjivanje već donetih nacionalnih propisa. Ove aktivnosti se odvijaju u okviru Ekonomske komisije OUN za Evropu, čija radna grupa (WP 29) već više godina utvrđuje međunarodne propise za homologaciju motornih i priključnih vozila sa stanovišta bezbednosti saobraćaja. U radu ove organizacije učestvuje i naša zemlja, kao potpisnik Konvencije o uzajamnom priznavanju homologacija izdatih na ovim osnovama.

Radni dokument ECE-a, tj. grupe WP 29, koji je donet pre oko godinu dana, predviđa da se sa stanovišta elektrovozila u više već donetih pravilnika za homologaciju pojedinih sistema vozila unesu izmene i dopune, a naznačeno je da neka pitanja moraju da budu rešena i posebnim pravilnicima. Izmene se predviđaju, pored ostalog, u sledećim pravilnicima: Buka koju stvara vozilo (o odnosu na postupke merenja), Radio-smetnje (posebno ako se radi o hibridnom pogonu), Pasivna bezbednost, tj. ponašanje pri sudaru volana, prednjeg i zadnjeg dela karoserije, kabine teretnih vozila (posebno sa stanovišta položaja akumulatora, njihovog vezivanja, mogućnosti



Sl. 8

pomeranja, i sl.), Kočenje vozila (klasifikacija kategorija vozila, primena usporača, metode i ispitivanja), Emisija izduvnih gasova vozila sa hibridnim pogonom (oto i dizel) itd. Sve predložene izmene se već izučavaju i treba očekivati da će se tokom naredne godine već ostvariti i određeni dogovori.

Od aktivnosti u području razvoja sistema opsluživanja i održavanja, koje su takodje veoma prisutne u mnogim zemljama, naročito tamo gde se elektrovozila već šire koriste, ukazaće se na rezultate ostvarene u firmi Lukas, u Velikoj Britaniji (gde je u 1978. godini bilo u saobraćaju preko 40.000 ovih vozila).⁴ Firma Lukas je, naime, u okviru višegodišnjeg intenzivnog angažovanja na razvoju elektrovozila razvila i jednu eksperimentalnu stanicu za opsluživanje i održavanje ove vrste vozila.

Shema ove stanice data je na sl. 8 i na njoj se dovoljno jasno uočavaju bitna projektantska opredeljenja. Istaknimo samo da je površina stanice oko 300 m² i da je u stanju da istovremeno opslužuje više vozila (godišnje nekoliko hiljada), i to kako u prvom delu (zamena akumulatora), tako i u drugom delu (pregled, ispitivanje i punjenje akumulatora). Značajna pažnja je poklonjena zaštiti radnika i vozača. Pod je pokriven epoksi-smolom, otpornom na kiselinu, a ugradjeni su i brojni zaštitni uređjaji i posebno snažna instalacija za provetravanje. Obezbedjene su i posebne protiv-požarne instalacije (detektori), sigurnosna vrata između dva dela radionice i snažni sistemi za gašenje požara.

Interesantno je da se napomene da je organizacijom prikazane servisne stanice predvidjeno da postoje i pokretne servisne ekipe, koje mogu zamenu akumulatora da izvrše na putu, ukoliko to bude potrebno. S tim u vezi u Lukasu predviđaju da će u skorij budućnosti biti neophodno da se ovakve stanice i tako organizovani sistem rada obezbedi na svim važnijim putnim pravcima u Velikoj Britaniji, i to u znatnom broju. Mreža ovih stanica treba, drugim rečima, da se razvija analogno mreži postojećih stanica za napajanje tečnim gorivom.

LITERATURA:

1. Promoting Electric Cars, „Euroforum”, No. 25, 1978.
2. Procena stanja u oblasti električnih vozila u 1990. godini, Informacije o AEV, Biro za AEV SANU, april 1978.
3. Near-term Electric Vehicles, US Department of Energy, october 1978,
4. Lukas gradi eksperimentalnu servisnu stanicu za električna vozila, Informacija o AEV, Biro za AEV, juni 1978.
5. Miersch, R., Stephan, W., Design of a Sub-Compact Electric Passenger Car, EVS-5, Philadelphia, 1978.
6. Margrain, P., The Electric Vehicle „MUSE”, EVS-5, Philadelphia, 1978.
7. „ENEL and the Electric Vehicles”, EV Focus, No. 20, 1978.
8. Brusaglino, G., Development of Two Hybrid Bus Versions: With Batteries of Flywheel, EVS-5, Philadelphia, 1978.
9. Roan, V.P., Hardy, K.S., Optimization of a Diesel-Electric Series Hybrid Vehicle, EVS-5, Philadelphia, 1978.