

RAZVOJ ELEKTRIČNIH VOZILA U NAŠOJ ZEMLJI

*Zoran Nikolić, Zoran Stojiljković, Predrag Dakić**

Ključne reči: *Električna vozila, električni čamci, razvoj, Jugoslavija*

SAŽETAK:

Razvoj električnih vozila je poslednjih godina intenziviran u svetu prvenstveno zbog ekoloških prednosti koje taj pogon imaju. U svetu je napravljeno više vrsta električnih vozila sa čisto električnim i hibridnim pogonima koja se mogu nabaviti pod komercijalnim uslovima. U našoj zemlji je razvoj električnih vozila započet 1976 godine rekonstrukcijom jednog rashodovanog dostavnog vozila TAM 2001. U ovom radu je prikazan razvoj električnih vozila u našoj zemlji u širem smislu (na vodi i na drumu). Prikazani su neki rezultati proizašli iz naših ispitivanja napravljenih električnih vozila kao i problemi koji se moraju rešiti da bi električna vozila postala konkurentna postojećim vozilima sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem.

1. UVOD

Radi smanjenja zavisnosti od uvoza naftinih derivata, smatra se da bi bilo potrebno razviti alternativu mašini sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS). Električna vozila (EV) proizilaze kao logičan izbor za gradsku vožnju ili drugi porodični automobil predviđen za gradsku vožnju. EV imaju i drugih prednosti. Punjenje akumulatorskih baterija noću, kada postoji višak električne energije, znači bolje korišćenje električne energije i viši stepen upotrebe nacionalne energije, a za vlasnike električnih vozila nižu cenu koštanja.

EV ne proizvode izduvne gasove, imaju izuzetno tih rad, vibracije pri radu su minimalne, tako da su ekološki potpuno prihvatljiva. Pored toga, EV su laka za upravljanje. Kod njih ne postoje problemi sa startovanjem u zimskom periodu,

* Dr Zoran Nikolić, docent, Institut tehničkih nauka SANU, Knez Mihailova 35, Beograd.

Dr Zoran Stojiljković, redovni profesor, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar Revolucije 73, Beograd.

Predrag Dakić, dipl.inž., stručni saradnik, Institut tehničkih nauka SANU, Knez Mihailova 35, Beograd.

trenutno su spremna za pogon punom snagom, ne troše energiju dok stoje na raskrscima. Pogonska karakteristika električnog motora je izuzetno dobra i moguća su određena preopterećenja. Ona poseduju visok stepen iskorišćenja energije. Potrebno im je malo održavanje i niski su eksploatacioni troškovi.

Normalno je da EV poseduju i određene nedostatke u odnosu na postojeća vozila: smanjenje brzine kretanja i autonomije rada, povećanje težine pogonskog uređaja, pa i vozila, probleme u vezi sa punjenjem baterija i neophodnost priključka na gradsku mrežu.

Smanjene performanse EV proizilaze iz činjenice da je energija koju EV nosi sa sobom znatno manja od energije koju poseduje vozilo sa SUS motorom. Jer, energija koja može da se uskladišti u 1kg olovnog akumulatora manja je približno 400 puta od energije koju sadrži 1kg benzina. To praktično znači da EV ukupne težine 1.000kg mora da ima barem 300kg akumulatora da bi posedovalo brzinu od 70km/h i da bi imalo autonoman radijus kretanja sa jednim punjenjem akumulatorskih baterija od 50km. A u ovoj činjenici leži razlog zašto je korišćenje EV za sada ograničeno za posebne namene ili uslove, a njihovo korišćenje se može znatno proširiti samo ako dođe do značajnijeg napretka u razvoju akumulatorskih baterija ili uređaja za uskladištenje električne energije.

2. ELEKTRIČNA VOZILA

Prvo EV pojavilo se još 1836.godine kada je M. Jacobi [01] napravio čamac sa električnim pogonom i proveo po Nevi 14 osoba u prisustvu cara Nikole II. Korišćenje ovog vozila bilo je dosta ograničeno, prvenstveno zbog nedostaka dobrog izvora električne energije. Pogodnu akumulatorsku bateriju pronašao je Plante 1860. godine, čime je omogućena i komercijalizacija električnih vozila. Poslednja decenija u prošlom veku bila je "zlatna" u istoriji EV jer su električna vozila dominirala po gradskim ulicama. Početkom ovog veka jedno EV prvo je postiglo brzinu veću od 100km/h. Posle toga, razvoj EV ostao je zapostavljen jer su vozila sa SUS motorima bila znatno snažnija i robustnija. O razvoju EV se u svetu počinje razmišljati tek za vreme kriza nafte. Razvoj EV i komponenata je poslednjih nekoliko godina intenzivan tako da se pojavilo i nekoliko serijski napravljenih EV koja mogu zadovoljiti strogo postavljene ekološke uslove u nekim gradovima u USA.

U našoj zemlji je početak proučavanja odnosno projektovanja i razvoja EV vezan sa izradom Eksperimentalnog električnog dostavnog vozila (EEDV-a) 1972. godine u okviru projekta "Autonomno električno vozilo" pod rukovodstvom akademika Aleksandra Despića. Napravljena je, još uvek aktuelna, studija [02] o mogućnostima i perspektivama EV. 1976.godine je završena rekonstrukcija dostavnog vozila TAM 2001 [03] na električni pogon. Interesantno je napomenuti da je ovo prvo jugoslovensko EV, pa i na celom Balkanu, koje je sa probnim tablicama ispitivano na poligonu i na gradskim ulicama. Više puta bilo je snimano za televizijske emisije a naročito za vreme II naftne krize.

Samo par godina posle konstruisanja EEDV napravljeno i prvo putničko EV, koga je konstruktor koristio jedno vreme za vožnju po beogradskim ulicama. Vozilo marke Trabant rekonstruisao je 1979. godine Zoran Stojiljković [04] i registrovao, radeći u okviru Centra za hemijske izvore struje Instituta za hemiju, tehnologiju i metalurgiju.

Posle toga bilo je još nekoliko uspešnih pokušaja pravljenja putničkih EV koja su uradili pojedinci i firme kao što su GOŠA i ZCZ. U firmi "Goša" pokušano je da se u lagano vozilo sa plastičnim nadgrađem, tip POLY proizvođača Poliester iz Priboja ubaci elektropogon. Mada je sam pokušaj bio uspešan, nije došlo do sporazuma oko komercijalnih pitanja, pa ni do realizacije serije.

Interes za EV se naglo povećavao kod nas za vreme sankcija i velike nestašice nafte i derivata. U to vreme je napravljeno nekoliko raznih vrsta EV za specijalne namene kao i električni bicikli. Napravljeno je nekoliko EV u širem smislu kao što su električni mopedi i bicikli, vozila za unesrećene itd. Napravljeno je i nekoliko tegljača koji su služili za prevoz većeg broja osoba po turističkim centrima, brzinama ispod 15 km/h i sa autonomijama ispod 50 km. Vozila su bila opremljena motorima snage 2 kW i akumulatorskim baterijama 48 V, 220 Ah. Radi iste namene, prepravljeno je vozilo "Lada", na električni pogon. U Novom Sadu je M. Varga rekonstruisao automobil marke "Moskvič" sa kojim se od 1992 godine vozi po gradu.

Prvo EV napravljeno za komercijalnu upotrebu jeste rekonstruisano specijalno električno vozilo "LADA NIVA", slika 05. Vozilo je napravila firma Melbat [05] krajem 1994. godine, a početkom 1995. godine predala ga naručiocu posla. Koristi se svakodnevno i to isključivo za komunalne potrebe u Beogradu. Mada električno rešenje pogona kod ovog vozila nije bilo najsavremenije, pokazalo se kao izuzetno pouzdano tako da je uskoro rekonstruisano i drugo vozilo.

Tabela I. Neka realizovana EV u našoj zemlji

Tip EV	TAM 2001	Trabant	Bela LADA	Yugo - E	Crna LADA	Brza LADA
Masa praznog voz. (kg)	4.000	850	1.300	930	1.820	2.020
Broj osoba i kor. teret	2+800	2+50	2 + 20	2 + 50	2	2
Snaga motora (kW)	27	4	5	6,3	5	12
Kapacitet baterija (Ah)	350	240	220	143	220	275
Napon (V)	108	54	72	72	72	72
Čoper (A)	300	300	175	180	175	350
Maksim. brzina (km/h)	42	60	30	75	32	75
Domest (km)	48	70	60	45	38	45

U nastavku radova na razvoju električnih vozila u Jugoslaviji, rekonstruisana su 1996.godine dva autonomna električna vozila YUGO - E [6] za potrebe Elektrodistribucije Beograd. Vozila su rekonstruisana od rashodovanih vozila iz voznog parka Elektrodistribucije a ugradnja elektropogona je pod okriljem Instituta tehničkih nauka SANU izvršena u Auto turing centru - Barajevo.

Početkom 1998. godine puštena je u pogon i "Brza Crna Lada" [7], vozilo koje ima masu od 2.020 kg i koje može da se po gradskim ulicama kreće brzinom do 65km/h. Pored toga, može da savlada i svaki uspon u Beogradu, a pri rekuperativnom kočenju da vraća energiju u akumulatorske baterije.

Ispitivanja obavljena sa električnim vozilima pokazala su da:

- je moguće projektovati i napraviti EV sa napred zadatim osobinama [8];
- je moguće napraviti EV koja bi se eksploatisala pod komercijalnim uslovima;
- potrošnja električne energije po kilometru pređenog puta putničkog EV iznosi 0,2kWh;
- je uspone moguće savladati samo sa menjačem stepena prenosa.

3. ELEKTRIČNI ČAMCI

U našoj zemlji je ispitivanje autonomnih električnih pogona na čamcima započeo je 1978. godine Institut tehničkih nauka SANU, u Prčnju u Boki Kotorskoj. Ispitivan je jedan mali električni propulzor na plastičnom čamcu Elan 401. Interesantno je napomenuti da je ovu vrstu propulzora razvio nešto kasnije IHTM. Sistem sa ovim propulzorom ugrađen je početkom 1998. god na ribnjaku Hilendarskog metoha Kakovo gde se nalazi u svakodnevnoj eksploataciji.

Na Savi je realizovano nekoliko čamaca pokretanih jednosmernim motorima [9], sa snagama u rasponu od 2 - 5kW a napajanih iz akumulatorskih baterija. Ovom vrstom pogona najviše se bavila firma SRC Melbat iz Beograda. U početku su to bili vanbrodski motori manjih snaga a time i napona napajanja do 48V. Kasnije su to bile brodske izvedbe sa ugrađenim elektromotorom. Korišćen je elektropogon sa snagama od 5kW i većim, tako da je i naponski nivo bio viši. Ovi čamci su bili sa većim mogućnostima tako da su neki posedovali i dva potpuno nezavisna pogona.

Stalno stremeći novim rešenjima i većim snagama, u okviru Instituta tehničkih nauka [10], napravljen je 1993. godine "Hobby-boat", čamac koji je imao dve vrste propulzije: dizel hidrauličnu i čisto električnu.

Kao vrhunac nastojanja da se napravi nešto novo i atraktivno u smislu autonomnih pogona na vodi, napravljen je mali brod nazvan "ADA-ECO". Ovaj plovni objekat [11] je više godina radio na Jezeru kod Ade Ciganlije prevozeći turiste. Posедуje dva pogonska elektromotora snage koji preko reduktora pokreću pogonske točkove sa lopaticama brzinom od 62 min^{-1} .

Tabela II. Realizovane varijante čamaca sa električnom propulzijom

Tip čamca	Elan 401	Specijal 80	Gradac	Mediterran	Hobby - boat	Ada-Eco
Dužina (m)	4,1	5,6	5,8	8,1	11	15,5
Pogon	propel.	propel.	propel.	dva propel.	dva propel.	dva točka sa lopat.
Broj osoba	4	6	10	20	32	60
Snaga mot. (kW)	0,25	2	5	5 + 2	3	2 x 5
Kapacitet (Ah)	45	220	275	500+220	48	2 x 275
Napon (V)	12	48	72	72 + 48	320	2 x 72
Čoper (A)	-	80	125	125 + 80	140	2 x 100
Maks.brz. (km/h)	4,2	8	10	12	6	7,5
Domet (km)	8	36	30	60	19	62

Kod električnih čamaca je problem mase akumulatorskih baterija znatno manje izražen nego kod drumskih EV. I neki drugi tehnički problemi su manji. U ovim primenama osnovni problemi vezani su za mehaničku zaštitu komponenata električnog pogona kao i za specifičnosti koje vladaju na čamcima i malim brodovima.

4. ZAKLJUČAK

Razvoj EV u našoj zemlji je bio postepen. Svi realizovani pogoni su sa jednosmernim sistemima jer se ovaj sistem pokazao racionalniji i prihvatljiviji za snage do 20 kW. Razvijena su i realizovana rešenja EV sa snagama od 2 - 12kW. Napravljeni su električni pogoni čamaca sa snagama do 5kW u brodskoj i vanbrodskoj izvedbi, sa propelerima i točkovima sa lopaticama. Ovaj razvoj iskorišten je za komercijalnu turističku i komunalnu namenu.

Snaga električnog motora zavisi od željenih performansi EV ali je, u principu, niža od snage SUS motorima. Pokazano je da je za snage iznad 50kW u svetu izvršen prelaz sa DC na AC pogonske motore, ali se DC sistem zadržao kod EV snaga ispod 20kW. Rezultati pokazuju da sa trakcionim, olovnim akumulatorskim baterijama mase oko 300kg domaća EV postižu brzine do 70km/h i imaju radijuse kretanja do 50km. Sa novim vrstama akumulatorskih baterija koje se pojavljuju u svetu, EV uglavnom dostižu brzinu od 120km/h a imaju radijuse kretanja sa jednim punjenjem akumulatorskih baterija od 80-200km.

Pošto su performanse EV još nedovoljne da bi zadovoljile navike korisnika, u svetu se prave hibridna rešenja. Hibridna vozila imaju dva pogona, a to znači i nešto veću masu od putničkih EV i praktično neograničene radijuse kretanja. U režimu čistog električnog pogona imaju skromnije performanse sa brzinom do 80km/h i

autonomnim radijusom kretanja oko 80km, ali se zato u hibridnom pogonu brzina udvostručava i radijus praktično postaje neograničen.

Opšti zaključak je da se u svetu sve više napreduje u uvođenju ekoloških pogona vozila. No, pošto definitivnog tehničkog rešenja još nema, vrše se eksperimenti sa čisto električnim i hibridanim rešenjima, kao i sa raznim vrstama komponenata električnog pogona. Veruje se da do intenzivnog razvoja EV, i u svetu i kod nas, može doći tek kada se pronađe znatno kvalitetniji izvor električne energije.

LITERATURA:

- [1] K. Kordesch: "The electric automobile", *Union Carbide Corporation Battery Product Division*, 1978.
- [2] Grupa autora: "Problemi i perspektive razvoja elektromobila i elektromobilskog saobraćaja", *Institut tehničkih nauka SANU*, Beograd, 1973.
- [3] Z. Nikolić: "Neka iskustva sa elektromobilom", *Zbornik radova skupa Nauka i motorna vozila 81*, Kragujevac, 1981, pp. A01-1 - A01-14.
- [4] Z. Nikolić, Z. Stojiljković: "Razvoj električnih vozila u Jugoslaviji", *Flogiston*, Beograd, No. 3, 1996, pp. 85-100.
- [5] Z. Nikolić, Z. Stojiljković: "Električna vozila u Beogradu", *Zbornik radova II skupa - Trendovi razvoja električnih vozila - izvodi*, Novi Sad, 1996, pp. 24-25.
- [6] Z. Nikolić, S. Marjanović, Z. Janković, M. Rančić: "YUGO with electric drive", *Electric power sources*, Beograd, No. 1, 1997, pp. 141-153.
- [7] M. Čurčić, Z. Nikolić: "Brza Lada za vožnju po gradu", *Izvori električne energije*, Beograd, No.1, 1997, pp. 155-164.
- [8] Z. Nikolić, Z. Stojiljković: "Projektovanje električnog vozila za gradske uslove", *Zbornik radova sa IX simpozijuma Energetska elektronika 97*, Novi Sad, 1997.
- [9] Z. Nikolić, M. Čurčić, Z. Lončar, R. Ranisavljević: "Razvoj komercijalnih autonomnih električnih vozila", *Zbornik radova sa IX simpozijuma Energetska elektronika 97*, Novi Sad, 1997.
- [10] B. Bilen, Z. Nikolić, M. Žerjal: "Mogućnost racionalnijeg vodenog izletničkog transporta", *Zbornik radova Energetika Beograda - stanje i perspektive*, Beograd, 1993, pp. 127-136.
- [11] R. Ranisavljević, Z. Nikolić: "Razvoj autonomnog električnog pogona čamca", *Izvori električne energije*, Beograd, No. 2, 1994, pp. 262 - 271.

THE DEVELOPMENT OF ELECTRIC VEHICLES IN THIS COUNTRY

ABSTRACT:

The development of electric vehicles has lately been intensified, primarily due to ecological advantages of electric drive. Several types of electric vehicles with purely electric or hybrid drive have been constructed in the world and can be obtained commercially. In our country the development of electric vehicles started in 1976,

when a TAM 2001 delivery vehicle was reconstructed. In this paper the development of electric vehicles in our country in the wider sense (on water and roads) has been presented. Some results obtained from our investigations of constructed electric vehicles are given, including problems which need to be solved so that electric vehicles can become concurrent to existing vehicles with IC engines.