

SOLARNA ELEKTRIČNA VOZILA

*Petar Rakin, Miloš Simić, Goran Vulićević, Marko Rakin**

Ključne reči: *Solarna energija, elektromobil, ekologija*

SAŽETAK:

U nameri da se smanji dalje zagađenje životne sredine mnogi razmatraju mogućnost izrade adekvatnih elektromobila. Treba naglasiti da su sa gledišta očuvanja životne sredine jedino ekološko prihvatljivi elektromobili kod kojih se punjenje baterija obavlja putem solarnih panela. Danas se solarnim vozilima zovu sva električna vozila koja se napajaju energijom iz nekih alternativnih izvora energije, kao što je solarna energija, energija vetra i malih hidroelektrana.

1. UVOD

Ograničeni podzemni resursi, kao što su nafta i ugalj, sve se više iscrpljuju pa se ljudi sve više vraćaju Suncu kao izvoru neiscrpane energije. Ljudska potreba za energijom enormno raste poslednjih decenija. Međutim, ljudi se solarnoj energiji ne vraćaju samo zbog smanjenja resursa fosilnih goriva, već i iz ekoloških razloga. Danas se može reći da je solarna energija možda najznačajniji oblik čiste energije. Električnom energijom iz solarnih modula pune se sekundarni izvori električne energije za pogon vozila. Na ovaj način se solarna energija niske gustine pretvara u energiju visoke gustine kojom se omogućava konstantno napajanje elektromobila.

2. SOLARNA VOZILA

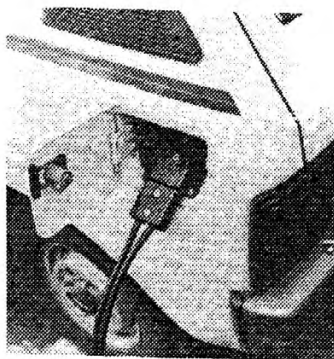
Veličina automobila ne predstavlja dovoljnu površinu za ugradnju tolikog broja solarnih modula koji bi mogli da daju dovoljno snage za režim kretanja vozila. Sem nekoliko egzotičnih, ekstremno lakih modela solarnih vozila sa pogonom na solarne panele, ona danas nemaju neki praktičan značaj. Solarnim vozilima se danas nazivaju laka električna vozila koja se pune energijom dobijenom iz alternativnih izvora. To nije samo

* Dr Petar Rakin, mr Miloš Simić, Goran Vulićević, dipl.ing, Institut za hemijske izvore struje Batajnički put 23, 11080 Beograd,
mr Marko Rakin, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnedžijeva 2, 11000 Beograd

sunčeva, već to je i energija vetra, malih hidrocentrala i dr. Što je vozilo manje i lakše, zahteva manje energije. Tako se danas može reći da najlakša vozila zahtevaju manje od 3 kWh po putniku za 100 pređenih kilometara. Ova energija bi bila ekvivalentna energiji od oko 0.3 l benzina za pređenih 100 kilometara. Motori sa unutrašnjim sagorevanjem zahtevaju 10 do 15 puta veću energiju za pređenih 100 kilometara. Pored ovoga iskorišćenje energije elektromobila je oko 70%, računajući i gubitke pri punjenju baterija, za razliku od motora sa unutrašnjim sagorevanjem kod kojih je u uslovima saobraćaja u urbanim sredinama iskorišćenje energije od 5 do 15%. To drugim rečima znači da od uložених 100 dinara za gorivo, samo oko 10 dinara se potroši za vožnju, dok je ostatak beskorisno potrošen na odatu toplotu [2]. Pored ovoga, vozila na klasična goriva, za razliku od elektromobila, u atmosferu ispuštaju 2.5 kg CO₂ po litru goriva. Postoji mogućnost da se solarni paneli montiraju na krovove elektromobila i da tako delimično dopunjuju bateriju pod opterećenjem.

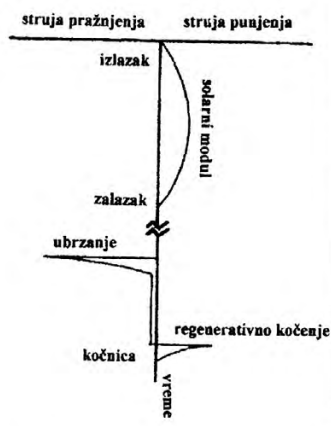
Ovde ćemo prikazati jedan kompletan sistem (solarno panel-električno vozilo) za demonstraciju predloženog koncepta solarnog vozila:

Solarni modul površine 6.6 m² daje maksimalnu izlaznu snagu od 700 W (nominalna snaga). Snaga motora električnog vozila je 10 kW. Vozilo je snabdeveno baterijom 12Vx 8, kapaciteta 150 Ah. Ovaj auto ima maksimalnu brzinu 80 km/h i maksimalni domet 100 km kada je baterija puna. Izlaz iz solarnog punjača osiguran je poluprovodničkom diodom kako bi se sprečilo praznjenje baterije kroz modul, kada napon modula postane manji od napona baterije pri slabljenju sunčeve svetlosti. Na punjačkom modulu postavljen je specijalni konektor za priključenje električnog vozila (slika 1).



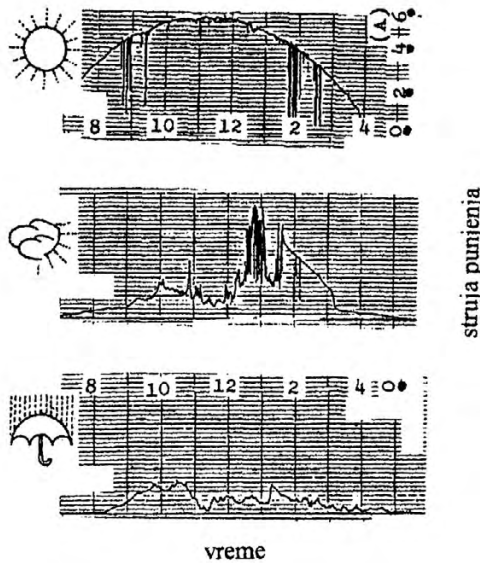
Slika 1: Priključak elektromobila na solarni punjač

Tipičan dijagram struje punjenja i praznjenja vozila u eksploataciji dat je na slici 2.



Slika 2: Tipično punjenje i pražnjenje solarnog vozila

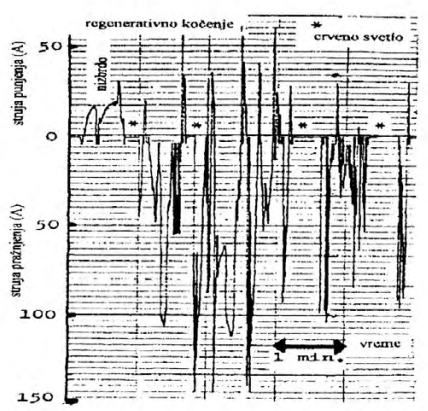
Krive generisana struja – vreme, mnogo zavisi od vremenskih prilika. Za vreme sunčanih dana ove krive imaju oblik polukružnice kaja počinje sa izlaskom, a završava se sa zalaskom sunca. Za vreme oblačnog ili kišovitog dana ova kriva se značajno menja (slika 3).



Slika 3: Zavisnost generisane struje panela od vremenskih uslova.

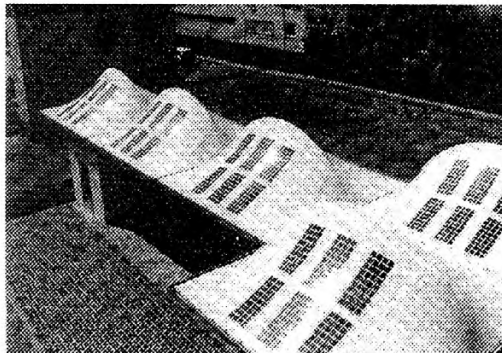
Solarni panel je prosečno davao 35 Ah za vreme sunčanog dana. 15-25 Ah za vreme oblačnog i samo od 3 do 5 Ah za vreme kišnog dana. Ovo znači da punjenje baterije za vreme sunčanih dana traje od 4 do 5 dana, posle čega auto može da pređe oko 100 kilometara.

Pokazalo se da je veoma značajno da se u kočioni sistem ugradi mehanizam (regenerativno kočenje) koji će za vreme kočenja direktno prekopčavati motor na generator, čime se kinetička energija vozila pri zaustavljanju koristi za generisanje struje kojom se puni baterija. Jedan strujni dijagram pri eksploataciji ovog vozila, u uslovima urbanog saobraćaja, prikazan je na slici 4.



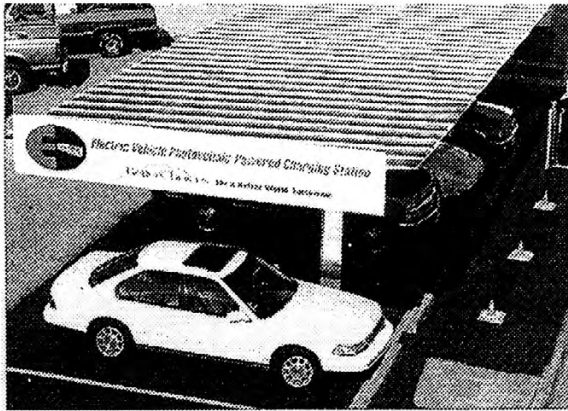
Slika 4: Strujni dijagram vozila u eksploataciji

Sve češće se sreću solarne punjačke stanice vrlo različitog dizajna i tehničkih karakteristika. Na slici 5 je prikazano jedno moguće rešenje.



Slika 5: Jedno rešenje solarne punjačke stanice

Danas solarni panel površine 10 m^2 može da omogući da savremeni dvosed, izrađen od lakog materijala, u lokalnom saobraćaju može da pređe oko 15000 km godišnje. U svetu se već sreću javna parking mesta pokrivena solarnim panelima, čije je korišćenje za 3USD skuplje po parking mestu dnevno od klasičnog nepokrivenog (slika 6).



Slika 6: Parking sa solarnim panelima

Pravo rešenje je da su solarne punjačke stanice povezane sa distributivnom mrežom, za šta su neophodni propisi na državnom nivou. Vlasnik električnog vozila, koji ima sopstvenu solarnu punjačku stanicu, ima pravo da iz mreže iskoristi onu količinu električne energije koju je ubacio u toku dana u distributivnu mrežu, koja služi kao idealni akumulator za akumulaciju električne energije dobijene fotonaponskom konverzijom sunčevog zračenja. Taj vlasnik, s pravom, svoje električno vozilo može da nazove "solarno vozilo" i da uživa određene pogodnosti.

Naročito je interesantno da u poslednje vreme značajan broj stručnjaka napada električna vozila sa ciljem da se dokaže kako ona nisu rešenja ekoloških problema, jer koriste električnu energiju, proizvedenu na "prljav" način.

Zbog niskog stepena iskorišćenja primarne energije u termoelektranama, a pri proizvodnji električne energije, oni pokušavaju čak da dokažu da po kilometru predenog puta električna vozila emituju veću količinu CO_2 od vozila sa unutrašnjim sagorevanjem. Pravi odgovor njima je stvaranje uslova za široko prihvatanje električnih vozila, umesto vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, a to su "solarni automobili".

Solarna stanica od oko 16 m^2 i snage 1200W može godišnje da preda lokalnoj mreži oko 1000kWh, čime neko prosečno električno vozilo može da pređe oko 1000km. Prosečna cena solarnog modula je danas 7USD/W, da bi po predviđanju pala na 4.4 USD/W u narednim godinama. Uz popularisanje solarne energije, nova tehnološka rešenja i masovnu proizvodnju, cena bi mogla da padne i na danas neverovatnih 1.25 USD/W, čime bi solarna vozila (solarni paneli + baterije) postala apsolutno konkurentna vozilima sa klasičnim pogonom, naročito ako se u obzir uzme i očuvanje životne sredine. Institut za hemijske izvore struje (IHIS) ovom fenomenu posvećuje posebnu pažnju iz dva razloga.

Prvi je ozbiljna namera da se što pre uđe u proizvodnju fotonaponskih ćelija i modula. U primeni fotonaponskih modula su od posebnog interesa solarni sistemi povezani sa distributivnom mrežom. U IHIS-u se smatra da ubrzani razvoj električnih vozila može posebno doprineti širokoj primeni solarnih modula baš preko punjačkih stanica za električna vozila. Razvijena su dva solarna punjača: za mala električna vozila (invalidska kolica sa električnim pogonom, električni bicikl, električni tricikl i električni skuteri) i za električne automobile.

Za mala električna vozila predviđena je solarna punjačka stanica sa 4 modula, ukupne površine od 1.6 m^2 i ukupne snage 160 W. Takva stanica godišnje proizvede oko 135 kWh električne energije sa kojom električni skuter, na primer, može da pređe oko 8.500km.

Za veća električna vozila, odnosno električne automobile, predviđena je tipska solarna punjačka stanica sa 16 m^2 solarnih panela, koja obezbeđuje lepu nastrešnicu i zaštitu od sunca. Ona može da proizvede godišnje oko 1.350 kWh, dajući jednom lakšem automobilu autonomiju vožnje od 13.500 km.

Vozila čije se pogonske baterije budu punile gore opisanim punjačkim stanicama imaju pravo da budu nazvana "solarna vozila". To je i drugi razlog angažovanja IHIS-a na ovakvim rešenjima.

Naime, godinama se u IHIS-u radi na razvoju električnih vozila. Ovde ćemo navesti jedan kuriozitet. U 1981. godini u Beogradu je na Mašinskom fakultetu prošao sve ateste kombi ZASTAVE iz Sombora, čiju konverziju u električno vozilo je izvršio IHIS ugrađujući mu baterije firme MARELI iz Italije. To je bilo prvo takvo električno vozilo zvanično registrovano u Sekretarijatu za saobraćaj Beograda.

U poslednje vreme se (zbog nedostatka finansijskih sredstava) razvoj usmerio ka malim električnim vozilima: elektrobicikl, elektrotricikl, invalidska kolica na električni pogon, snage do 400W, pogonskog napona 24V. Koristeći uzore poznatih inostranih proizvođača iz ove oblasti i sopstvena iskustva, razvijeni su pogonski i upravljački sistemi za mala električna vozila.

Osvojena je proizvodnja pogonskog (motor-reduktor) i upravljačkog sistema za elektrotricikl i invalidska kolica. U okviru Instituta izrađena je prva, probna serija elektrotrikala. Izrađeni elektrotrikali su testirani i prikazani na više skupova u zemlji. Na osnovu rezultata testiranja, saveta i primedaba stručnih i zainteresovanih lica, ove godine su izvršene izmene u konstrukciji elektrotrikala, u smislu boljeg iskorišćenja pojedinih komponenti i lakšeg rukovanja. Konstrukciono su rešeni novi prenosnik (kaišni prenos umesto pužnog i zupčastog), komandna tabla i upravljač sa mogućnošću preklapanja. U toku su pripreme za izradu osvojenih solarnih punjača za napajanje ovih vozila, čime bi ona, u duhu gornjih razmatranja, postala mala "solarna vozila".

Detaljniji prikaz razvoja, karakteristika i rezultata ispitivanja malih električnih vozila dati su u saopštenjima [3,4,5,6].

Da bi se stvorili uslovi za pojavu solarnog vozila, potrebno je da se oformi vodeća organizacija koja bi pratila naučnotehnički nivo i pravce razvoja, kompleksna istraživanja i uvođenje u privredu, finansiranje i koordinaciju radova i njihovu tehničko-ekonomsku opravdanost.

U SAD ulogu takve organizacije vrši nacionalna laboratorija za obnovljive izvore energije (NREL), koja se nalazi pri ministarstvu energetike. Pored ovoga potrebno je

organizovati široku multidisciplinarnu saradnju u oblasti istraživanja novih materijala i konstrukcija za fotonaponske sisteme.

3. POGONSKE BATERIJE ZA ELEKTRIČNA VOZILA

Danas se proces razvoja pogonskih baterija sprovodi u dva pravca. U prvom, koji je u stvari samo prelazno rešenje, jer omogućava razvoj elektromobila ograničenih performansi (za gradsku vožnju), pogonska baterija je klasičan elektrohemijski sistem, pre svega olovna baterija (specifične energije od 15 do 35 Wh/kg, maksimalno 1200 ciklusa), Ni-Cd baterija (45-50 Wh/kg i broja ciklusa od 2000 do 5000), Ni-Fe (38-45 Wh/kg, pri 20 W/kg i preko 2000 ciklusa), Ni-Zn (neki prototipovi imaju od 65 do 70 Wh/kg pri 20 W/kg). Danas IHIS, u saradnji sa nemačkom firmom BAE, proizvodi robusne blok akumulatore sa geliranim elektrolitom bez održavanja za elektrovuču iz serije BAE-IHIS-Nova trans BLOCK, sledećih karakteristika: 12V/55Ah, 12V/80Ah, 12V/105Ah, 12V/125Ah, 6V/180Ah, specifične energije oko 30Wh/kg (u 5-to časovnom režimu pražnjenja), čiji je vek preko 600 ciklusa.

Drugi koncept bi bio razvoj novih elektromobila koji bi kao pogonsku bateriju koristili nove elektrohemijske izvore Ni-MH; Zn-vazduh, Na-S, Li-jon, Na-NiCl i koji bi trebalo da obezbede performanse konkurentne vozilima sa klasičnim pogonom [7]. Danas se na tržištu mogu naći baterije na bazi novih sistema sa karakteristikama datim u tabeli 1.

Tabela 1

	Ni-MH	Na-NiCl	Li-jon
Wh/kg	65	86	90
W/kg	200	150	300
Br.ciklusa	500	1000	1000
USD/kWh	1000	1000	2000

Juan Osborn predviđa da će ove karakteristike 2003. godine biti (tabela 2) [7]:

Tabela 2

	Ni-MH	Na-NaCl	Li-jon
Wh/kg	75	100	90
W/kg	250	200	300
Br.ciklusa	700	1200	1200
USD/kWh	400	150	300

Tabela 2 pokazuje da će se, ako se predviđanja ostvare, već 2003. godine pojaviti na tržištu vozila koja će za pogon koristiti baterije sa kojima će i po tehničkim karakteristikama i po ceni moći da konkurišu klasičnim vozilima.

LITERATURA

- [1] M. Fujinaka, "Elektrical Auto with Self-Sufficient Energy Supply".
- [2] M. Fujinaka, "The Solar Electric Car".
- [3] I. Volčkov, M. Timotijević, M. Rakin, J. Barbarić, P. Rakin: "Elektrotricikl. Izvori električne energije", *Electrical Power Sources*.
- [4] D. Anđelković, M. Đukić, P. Rakin: "Elektrobicikl. Izvori električne energije". *Electrical Power Sources*, 2(1994), pp. 257-261.
- [5] M. Rakin, J. Barbarić, S. Stojković, Z. Radosavljević, P. Rakin: "Razmatranje pogonskog sistema elektrotricikla. Izvori električne energije". *Electrical Power Sources*, 1-2(1996), pp. 135-140.
- [6] Z. Stoilković, M. Rakin, J. Barbarić, I. Volčkov, P. Rakin: "Razvoj malih vozila na automni električni pogon. Izvori električne energije", *Electrical Power Sources*, 2(1997), pp. 477-485.
- [7] 13th Annual Battery Conference on Application and Advances, 1998.

SOLAR ELECTRICAL VEHICL**ABSTRACT:**

In order to gain further substantial reductions in pollution many authorities are considering alternative battery-powered vehicles. It should be stressed that only environmentally acceptable are batteries charged by means of solar modules. Today's solarmobiles are termed electric vehicles which cover their power requirements from renewable energy sources, such as solar energy, wind energy and small hydroelectric power stations.