

MODELOVANJE EKOLOŠKE PUNIONICE ZA ELEKTRIČNE AUTOMOBILE MODELING ECOLOGICAL CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES

Bojan Grbić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su prikazani modeli ekološke fotonaponske punionice za električne automobile za razne moduse rada sistema kao i modeli EV2EV punjenje. Modeli su urađeni u Matlab/Simulink-u.

Ključne reči: Samostalni FN sistemi, Električni automobili, Li-ion baterije, Punionica

Abstract – This paper presents models of ecological photovoltaic charging station for electric cars for various operating modes of the system as well as models of EV2EV charging. The models are made in Matlab/Simulink.

Keywords: Stand-Alone Photovoltaic, Electric Vehicle Li-ion batteries, Charging Station

1. UVOD

Potreba za energijom, naročito električnom u svetu se stalno povećava. Na godišnjem nivou, trend rasta iznosi oko 2,3% što ukazuje na stalnu potrebu izgradnje novih kapaciteta [1]. Dosadašnji rast proizvodnje električne energije zasnovan je na neobnovljivim (fosilnim) izvorima, što je dovelo do njihovog ubrzanog iscrpljivanja, ali i niza negativnih efekata. Najizrazitiji problem su negativni klimatski efekti izazvani visokom emisijom gasova staklene bašte, pre svega CO₂. Rešenje se vidi u orijentaciji na obnovljive izvore energije (sunce, vetar, hidro energija i dr.). Usavršavanje tehničkih rešenja vetroelektrana, solarnih fotonaponskih izvora i drugih izvora „čiste“ električne energije omogućio je njihov ubrzan rast i sve veće prisustvo u elektroenergetskom sistemu. Na kraju 2018. godine u svetu je bilo instalirano 2.378 GW ovih izvora, što je činilo 5,6% proizvodnih energetske kapaciteta [2].

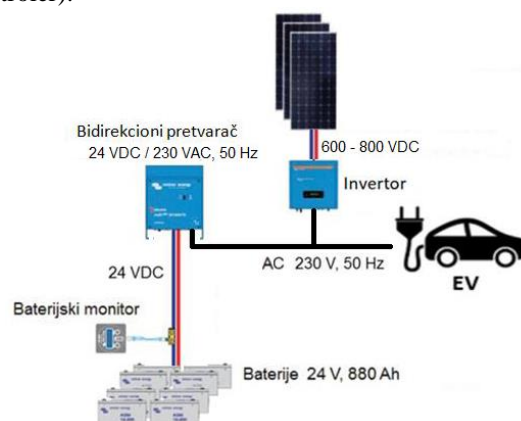
S druge strane, značajan izvor emisije CO₂ i zagađenja, posebno u velikim gradovima dolazi od izduvnih gasova automobila, autobusa, kamiona i drugih vozila pogonjenih motorima sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS). Ovde se rešenje vidi u orijentaciji ka korišćenju električnih automobila.

Međutim, poseban problem je energetska snabdevanje električnih automobila u zaštićenim sredinama (nacionalnim parkovima, zaštićenim zonama i sl.), gde nema razvijene distributivne mreže i gde su strožije mere

zaštite okoline. U tom smislu, kao jedno od mogućih rešenja, u ovom radu predstavljena je i analizirana ekološka, solarna fotonaponska (FN) punionica za električne automobile u samostalnom radu. Napravljen je njen računarski model i izvršene su simulacije raznih scenarija rada.

2. EKOLOŠKA FN PUNIONICA

Ekološka FN punionica za električne automobile sastoji se od elemenata solarnog FN sistema (niza FN panela i invertora), bidirekcionog pretvarača i stacionarne baterije (slika 1). Potrošač je električno vozilo (EV), odnosno njegove ugrađene baterije, kako je prikazano na slici 1. Pretpostavka je da se radi o komercijalnom vozilu, koje je predviđeno za priključenje na standardnu, javnu distributivnu električnu mrežu (230/400 V, 50 Hz) i koje u sebi ima ugrađen punjač baterija (ispravljač i DC/DC kontroler).



Sl. 1. Delovi sistema ekološke FN punionice

Ovaj sistem može da radi u tri modusa a) direktno punjenje baterija EV-a iz FN elektrane (PV2EV, engl. *Photovoltaic to Electric Vehicle*), b) punjenje stacionarne baterije iz FN elektrane (PV2B, engl. *Photovoltaic to Battery*) i c) punjenje baterije EV iz stacionarne baterije (B2EV, engl. *Battery to Electric Vehicle*).

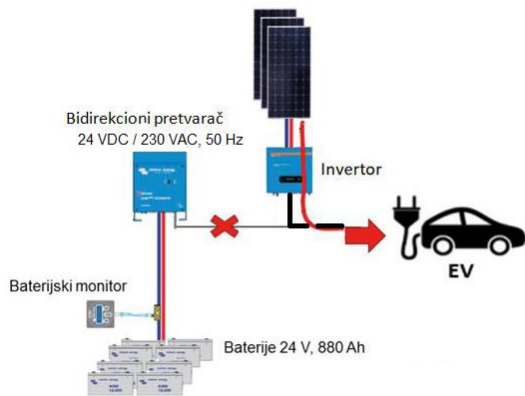
Pored toga, kao nezavisan, četvrti modus rada obrađeno je punjenje iz baterije jednog EV u bateriju drugog (EV2EV, engl. *Electric Vehicle to Electric Vehicle*).

2.1. Direktno punjenje EV-a (PV2EV)

Pod direktnim punjenjem se podrazumeva da je električni automobil priključen na naizmeničnu mrežu napona 230V i učestanosti 50 Hz, koji se dobija sa invertora napajano preko FN panela (600-800 VDC), kao što je prikazano na slici 2.

NAPOMENA:

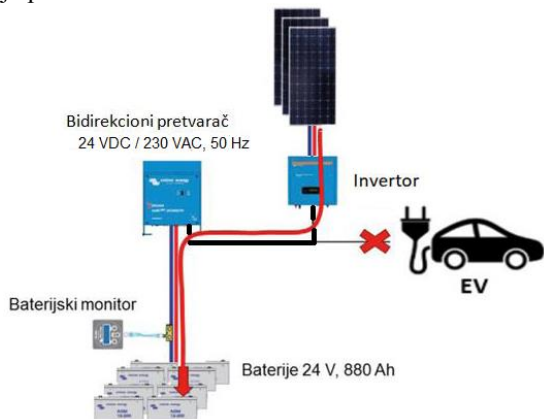
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red.prof.



Sl. 2. Modus rada sistema pod a) (PV2EV)

2.2. Punjenje stacionarne baterije (PV2B)

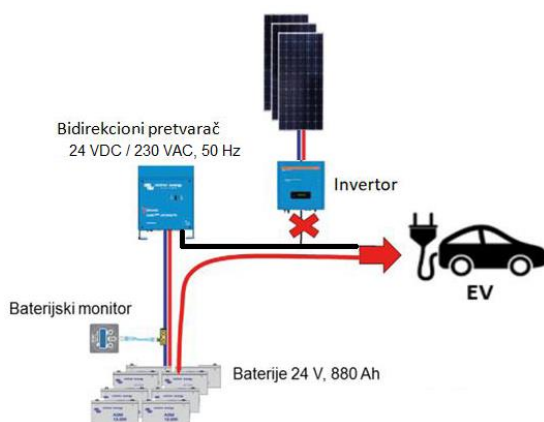
Ovaj modus rada je slučaj punjenja stacionarne baterije iz FN sistema preko bidirekcionog pretvarača (koji sada radi kao AC/DC pretvarač, ispravljač) i bez priključenog potrošača tj. električnog automobila na ovaj sistem, kao što je prikazano na slici 3.



Sl. 3. Modus rada sistema pod b) (PV2B)

2.3. Punjenje iz stacionarne baterije u EV (B2EV)

U ovom modusu energija se uzima iz stacionarne baterije, koja preko bidirekcionog pretvarača (koji u ovom režimu radi kao DC/AC pretvarač, invertor) napaja naizmeničnu sabirnicu napona 230V, učestanosti 50 Hz potrebnu za punjenje električnog automobila, kao što je prikazano na slici 4.

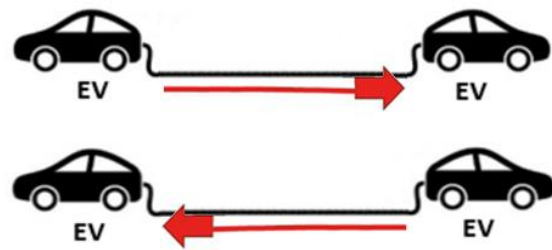


Sl. 4. Modus rada sistema pod c) (B2EV)

2.4. Punjenje iz jednog EV u drugo (EV2EV)

U modusu rada EV2EV baterija jednog električnog automobila (čije je stanje napunjenosti u dozvoljenim

granicama da može da predaje energiju) dopunjuje ispražnjenu bateriju drugog električnog automobila preko DC sabirnice, kako je prikazano na slici 5.



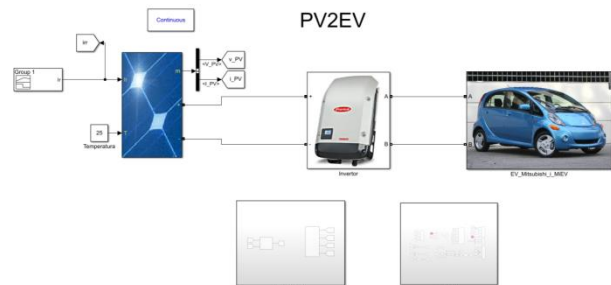
Sl. 5. Modus rada d) (EV2EV)

3. MATLAB/SIMULINK MODELI PUNIONICA

Za navedene moduse u kojima ovaj sistem radi, kao i modus koji radi nezavisno od sistema (EV2EV) izrađeni su odgovarajući modeli u Matlab/Simulink softveru. U nastavku će biti ukratko predstavljeni ovi modeli.

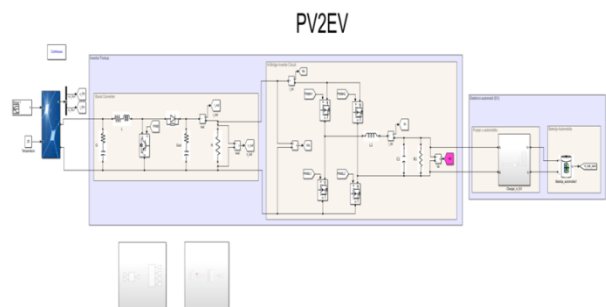
3.1. Direktno punjenje EV-a (PV2EV).

Model direktnog punjenja EV-a (PV2EV) dat je na slici 6. sastoji se iz modela FN solarnog polja (FN panela), invertora i električnog automobila (baterije). Radi realnosti prikaza, za model električnog automobila uzet je Mitsubishi i-MiEV (snaga motora 49 kW, kapacitet baterije 16 kWh, potrošnja 12,5 kWh/100km). Postoje i dva podsistema: upravljanje (gde se nalaze upravljački blokovi) i signali (scope-deo sa prikazom generisanih signala). Ova dva podsistema blokova nalaze se i u modelima datim na slikama 8 i 10, gde su predstavljeni modusi rada PV2B i B2EV, a uloga im je ista kao i u ovom modelu.



Sl. 6. Model za direktno punjenje EV iz PV (PV2EV)

Na slici 7 prikazan je model PV2EV detaljnije, gde je istaknut pretvarački blok FN elektrane (Invertor). Vidi se da se ovaj blok sastoji od DC/DC podizača napona i DC/AC sklopa, odnosno invertora. Na njega je u nastavku priključen model električnog vozila, koji se sastoji od punjača i baterije električnog vozila.

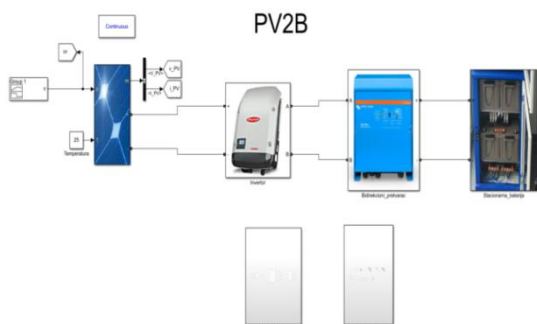


Sl. 7. Model PV2EV detaljna Matlab šema

Dakle, model FN solarnog polja se ponaša kao jednosmerni izvor na koga je povezan model invertora u kome se nalazi podizač napona koji sadrži algoritam upravljanja maksimalnom radnom tačkom koji daje faktor ispune generatoru impulsa (PWM), koji zatim predaje impulse na gejtt IGBT i pritom sa proračunatim parametrima induktivnosti, kapacitivnosti i otpornosti kola daje određen napon i struju na izlazu podizača napona. Posle podizača napona kao što je na modelu prikazano dolazi mostni inverter. Upravljanje inverterom je zatvorenom povratnom spregom, koja daje impulse na gejttovima prekidačkih elemenata i formira invertovan napon koji ide preko LC filtra da bi se dobio sinusni oblik napona 230/400V i učestanosti 50Hz. EV se priključuje na model električnog automobila, čije baterije treba napuniti. U modelu automobila je punjač, koji puni model baterije EV-a metodom konstantne struje.

3.2. Punjenje u stacionarnu bateriju (PV2B)

Na slici 8 prikazan je model PV2B koji se sastoji od modela FN solarnog polja, invertora, bidirekcionog pretvarača i stacionarne baterije i blokova upravljanje i scope, dok na slici 9 prikazan detaljnije prikaz modela PV2B. Ako se uporedi sa slikom 6 vidi se da su u ovom modusu rada novi modeli elemenata sistema: bidirekciono pretvarač i stacionarna baterija. Pošto su parametri i načini funkcionisanja modela FN solarnog polja i invertora isti, kao u prethodnom modelu navešće se samo način rada navedena dva nova elementa sistema.



Sl. 8. Model punjenje u stacionarnu bateriju (PV2B)

Na slici 9 uočava se model bidirekcionog pretvarača u režimu rada punjača (AC/DC pretvarača), koji je priključen na inverter, koji daje naizmenični napon 230V učestanosti 50Hz. U bidirekcionom pretvaraču se nalazi neupravljivi (diodni) ispravljač, koji ispravlja naizmenični napon u jednosmerni, na čijem izlazu se talasnost napona smanjuje paralelno vezanim kondenzatorom. DC napon se prilagođava stacionarnoj bateriji DC/DC pretvaračem (Spustač-podizač napona), sa čijim upravljačkim algoritmom se upravlja na koji način da se puni stacionarna baterija

3.3. Punjenje iz stacionarne baterije u EV (B2EV)

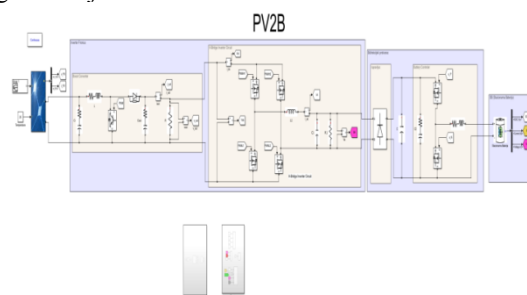
Na slici 10 se vidi da su elementi ovog modela: stacionarna baterija, bidirekciono pretvarač i model električnog automobila.

Na slici 11 za model stacionarne baterije prikazan je Simulink-ov model baterije u koji se unose željeni tip i parametri baterije. Bidirekciono pretvarač, kao što je prikazano, u ovom režimu radi kao inverter. Sastoji se od

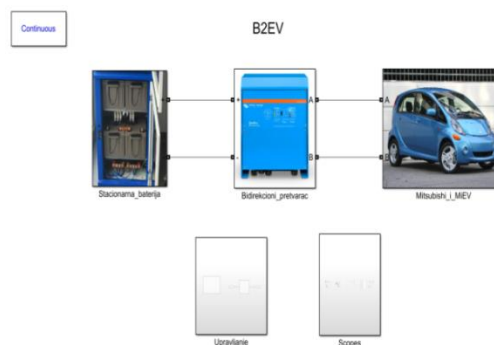
spustača-pretvarača pretvarača (koji u ovom slučaju kontroliše pražnjenje stacionarne baterije) i invertora sa izlaznim LC filtrom i transformatorom, koji stvaraju naizmenični napon 230V i učestanost 50Hz na izlazu bidirekcionog pretvarača. Zatim je priključen model električnog automobila, gde se vidi da se sastoji od punjača i baterije automobila.

3.4. Punjenje iz jednog električnog vozila u drugo električno vozilo (EV2EV)

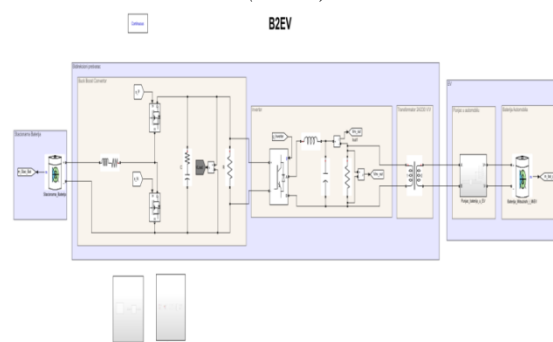
Kao što je prikazano na slici 12 model se sastoji od dva električna automobila (*Mitsubishi i-MiEV* i *BMW i3*) i punjača između njih. Na modelu nalaze se i Simulink blok *display* koji u toku simulacije pokazuju napon baterije i snagu baterije električnih automobila.



Sl. 9. Model PV2B detaljna Matlab šema



Sl. 10. Model punjenje iz stacionarne baterije u EV (B2EV)



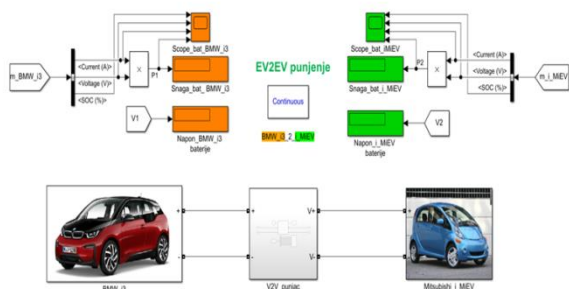
Sl. 11. Model (B2EV) detaljna Matlab šema

4. REZULTATI SIMULACIJA

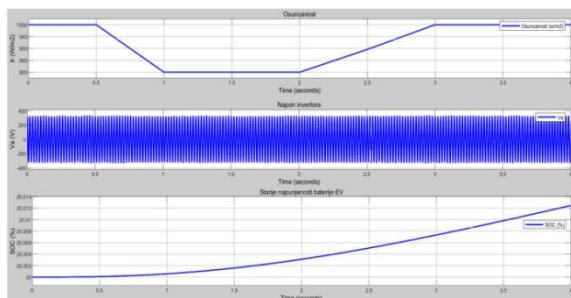
4.1. Direktno punjenje u EV (PV2EV)

Na slici 13 na prvom dijagramu dat je izgled osunčanja koji je zadat na ulazu modela fotonaponskog solarnog polja. Drugi dijagram je izgled napona invertora koji je priključen na FN panele. Iz ovih rezultata se vidi da za ovakavo zadato osunčanje, napon na izlazu iz invertora nije pokazao nikakve značajne promene. Treći dijagram je

stanje napunjenosti baterije (SOC – *State of Charge*) automobila gde se vidi da je SOC u porastu tj. baterija se puni u toku simulacije.



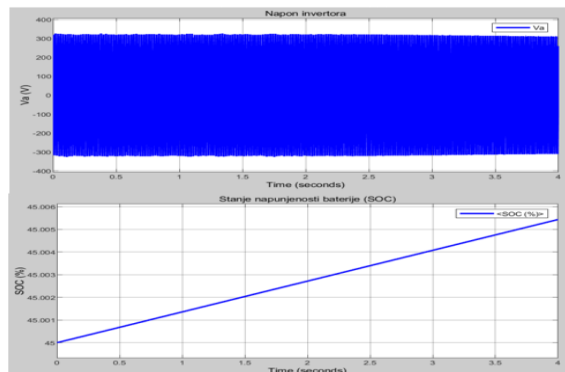
Sl. 12. Model EV2EV BMW i3 puni baterije automobila Mitsubishi i-MiEV



Sl. 13. Rezultat simulacije modusa PV2EV

4.2. Punjenje stacionarne baterije (PV2B)

Za osunčanje kao u modusu pod a) za modus PV2B na slici 14 dati su rezultati simulacije napona na invertoru i stanje napunjenosti stacionarne baterije (SOC).



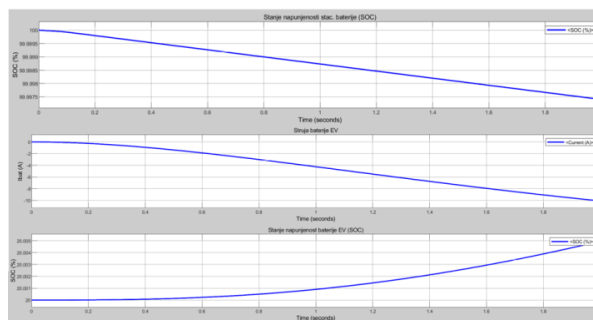
Sl. 14. Rezultat simulacije modusa PV2B

4.3. Punjenje iz stacionarne baterije u EV (B2EV)

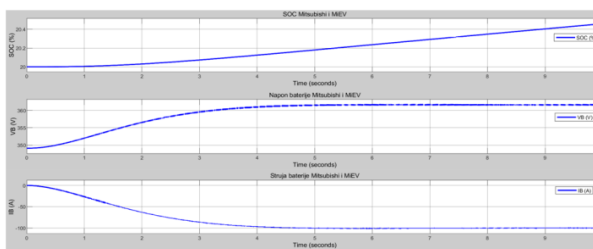
Na slici 15 dati su rezultati simulacije B2EV za SOC stacionarne baterije, struju punjenja baterije automobila i SOC baterije električnog automobila.

4.4. Punjenje iz jednog EV u drugo (EV2EV)

Na slici 16 dati su rezultati simulacije, sa rezultata se vidi kako je baterija automobila u prvoj fazi punjenja metode konstantne struje konstantnog napona.



Sl. 15. Rezultat simulacije modusa B2EV



Sl. 16. Rezultati simulacije – parametri baterije Mitsubishi i-MiEV koja se puni (SOC, napon, struja)

5. ZAKLJUČAK

Rad opisuje modele i simulacije urađene za moduse rada ekološke FN punionice električnih automobila i EV2EV punjenje. Kroz modele objašnjeni su načini funkcionisanja elemenata sistema, a dati su i rezultati niza simulacija različitih scenarija rada ove ekološke punionice. Pokazano je da ona može uspešno raditi u uslovima promena parametara sistema (nivoa sunčevog zračenja, stanja napunjenosti baterija i dr.)

6. LITERATURA

- [1] Enerdata, „Global Energy Statistical Yearbook 2019“, <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>
- [2] REN21, „Renewables 2019 - Global Status Report“, <https://www.ren21.net/gsr-2019/>
- [3] V. Katić, I. Kapetanović, N. Sarajlić, *Obnovljivi izvori električne energije*, CEFES, skripta, Novi Sad, 2007.
- [4] Z. Ivanović, V. Katić, *Obnovljivi izvori električne energije – vežbe*, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2018.

Kratka biografija:



Bojan Grbić rođen je u Bihaću. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2020.god.
kontakt: sbojangrbic@gmail.com



Prof. dr Vladimir Katić rođen je u Novom Sadu 1954. god. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. god., a od 2002. god je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblast interesovanja su energetska elektronika, električna vozila, obnovljivi izvori energije i kvalitet električne energije.