

Punjači baterija u EV

Aleksandra Radovanović
Student drugog ciklusa studija
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina
alexradovanovic27@gmail.com

Sažetak - Jedan od osnovnih koraka koji se trebaju ispuniti da bi korištenje električnih vozila (EV) postalo rasprostranjenije je razvoj odgovarajućih punjača koji ispunjavaju niz zahtjeva. Snaga, način punjenja ali i dimenzije, težina punjača, tip konektora odlučujući su faktori da bi određeni punjač odgovarao različitim tipovima baterija u EV. U cilju definisanja složenih zahtjeva za punjače baterija u EV propisani su odgovarajući međunarodni standardi. Ovi standardi definišu različite modove punjenja u zavisnosti da li se govori o AC, DC ili brzom punjenju baterije. U skladu sa podjelom na AC i DC punjače izdvojene su različite topologije kada se govori o procesu projektovanja punjača. Dati su primjeri praktične realizacije jednofaznog, trofaznog, srednjenaponskog i bežičnog punjača baterija u EV korištenjem savremenih elektronskih komponenti kao što su SiC MOSFET tranzistori i novi tip transformatora SST. Dat je koncept i bežičnog punjenja baterije u EV koji je još uvijek na početku razvoja ali zbog brojnih prednosti sve više dobija na značaju.

Ključne riječi - punjači; električna vozila; baterije; standardi punjenja baterija; on board punjači; off board punjači;

I. UVOD

U 2017. u svijetu je prodato oko 1.1 milion putničkih električnih vozila (EV), što predstavlja povećanje od oko 57% u odnosu na 2016. Na Kinu otpada 600,000 vozila, SAD 200,000 i Evropu 125,000. Nekoliko država se deklariralo da će potpuno preći na EV do 2025. Praktično svi veliki svjetski proizvođači automobila pokazuju velike ambicije i snažan zaokret prema proizvodnji EV. [1] Iz navedenih podataka lako je zaključiti koliki je značaj kvalitetnog punjenja baterija u EV i odgovarajuće infrastrukture (do kraja 2018. predviđena je izgradnja 700 000 stanica za punjenje EV) koja mora biti kvalitetno integrisana u savremene trendove u elektrifikaciji (obnovljivi izvori, sistemi za skladištenje energije, pametne mreže, pametne kuće i gradovi).

Prema smjeru toka energije postoje dva načina povezivanja punjača EV i mreže: V1G (tok je jednosmjernan od mreže prema bateriji EV) i V2G (tok energije je dvosmjernan, osim od mreže prema bateriji, energija se šalje iz baterije EV u mrežu.). V2G pruža znatno više mogućnosti ali je skuplji jer zahtjeva upotrebu bidirekcionih pretvarača i složenije upravljanje. [2]

Proces punjenja baterije EV zahtijeva poseban sistem između elektroenergetske mreže i visokonaponske baterije u unutrašnjosti vozila. Ovaj sistem je podijeljen na dva dijela. Prvi dio čine stanica za punjenje, EVSE (eng. *Electrical Vehicle Service Equipment* EVSE) čiji je osnovni element *off-board* punjač, a drugi dio odnosi se na punjač unutar vozila ili *on-board* punjač.[3] Neki od osnovnih zahtjeva koje punjači

za EV moraju ispuniti su sljedeći: mali negativan uticaj na ulaznu struju i napon u vidu elektromagnetnih smetnji i harmonijske distorzije, velika efikasnost, što kraće vrijeme punjenja, prilagođenost mjestu primjene, male dimenzije i težina (naročito za *on-board* punjače), punjenje različitih tipova baterija i mogućnost korištenja obnovljivih izvora energije. Većina punjača baterija EV ima relativno malu snagu (1.3–7.2 kW) i dugo vrijeme punjenja (10-ak h), smješteni su u samom EV (*on-board* punjač) ili na mjestu stanovanja, odnosno radnom mjestu. Međutim, sve je više stanica za punjenje u kojima su smješteni brzi DC punjači (*off-board*), snage 25-50 kW, sa tendencijom povećanja snage na 100-400 kW, pa i više. Vrijeme punjenja je znatno kraće (10-30 min).[4]

II. ZAHTJEVI I STANDARDI ZA PUNJENJE BATERIJA U EV

Postoje dva glavna standarda koji opisuju načine punjenja električnih automobila. To su SAE (eng. *Society of Automotive Engineers*) J1772 za američku automobilsku industriju i IEC 61851 za Evropu. Oni definišu nivo napona i struja tokom procesa punjenja kao i protokole punjenja. Standardi takođe određuju način spajanja i način komunikacije EV sa stanicom za punjenje. [5]

A. SAE J1772 Standard

Prema vrsti napona na konektoru EV, stanice za punjenje se dijele na naizmjenične (AC) i jednosmjerne (DC). SAE J1772 definiše 3 nivoa punjenja: nivo 1, nivo 2 i nivo 3 za AC i DC punjenje. Nivo punjenja odgovara iznosu električne snage koja se prenosi u EV prilikom punjenja. Podjela stanica prema nivou punjenja prikazana je u tabeli 1. u kojoj su još navedeni podaci o naponu i struji punjenja, snazi i očekivanom vremenu punjenja.

Tabela I. Podjela stanica prema nivoima punjenja. [5]

Nivo	Karakteristike	AC	DC
Nivo 1	Izlazni napon Maks. snaga Maks. struja Vrijeme punjenja	120 V / 240 V 3,5 kW 16 A 17 h	120 do 240 V 36 kW 80 A 1,2 h
Nivo 2	Izlazni napon Maks. snaga Maks. struja Vrijeme punjenja	120 V / 240 V 3,3 kW do 20 kW 16 A do 80 A 7 h do 1,2 h	200 do 450 V 90 kW 200 A 20 min
Nivo 3	Izlazni napon Maks. snaga Maks. struja Vrijeme punjenja	240 V 20 kW 80 A < 1,2 h	200 do 600 V 240 kW 400 A 10 min

AC i DC stanice za punjenje električnih vozila se osim po tipu izlaznog napona i snazi razlikuju i po lokaciji pretvarača za punjenje. AC stanice daju standardni naizmjenični napon dok se pretvarač za punjenje nalazi u vozilu. U stanici se nalaze samo sigurnosni sklopovi za zaštitu same stanice. Kod DC stanice pretvarač za punjenje se nalazi u stanici i ona upravlja strujom punjenja na osnovu zahtjeva koje dobija od vozila tokom punjenja. AC stanice tipa 1 namijenjene su kućnoj upotrebi. Snaga im odgovara raspoloživoj snazi kućnog priključka. Za spajanje vozila sa utičnicom koristi se kabal koji na jednoj strani ima tipični američki/evropski mrežni utikač s uzemljenjem, dok na drugoj strani ima standardizovani J1772 konektor. AC stanice tipa 2 i 3 imaju veću snagu punjenja, a osim energetskog priključka njihov konektor ima i priključke za prenošenje upravljačkih signala. Komunikacija AC stanice s EV je minimalna i osigurava samo osnovnu sigurnost rukovanja uređajem kod priključivanja EV kao i definisanje raspoložive i potrebne snage. Na sljedećoj slici je prikazana piramida nivoa punjenja i lokacija koje im odgovaraju.



Slika 1. Piramida punjačkih nivoa i lokacija na kojima se koriste. [6]

Stanice DC tipa u sebi sadrže pretvarač za punjenje baterija EV pa se u priključnom konektoru, osim energetskih priključaka, nalaze i signalni priključci preko kojih se prenose informacije koje određuju način punjenja. Vrijeme punjenja na DC stanici zavisi od kapaciteta baterije EV i maksimalne struje punjenja ali i od lokacije stanice. Često su postavljene uz ceste i autoceste gdje je poželjna veća brzina punjenja.

B. IEC 61851 Standard

IEC 61851 je standard koji je izveden iz J1772 standarda, a prilagođen je evropskoj i azijskoj (Kina) AC mreži. Kod J1772 standarda govori se o nivoima punjenja, dok se kod IEC standarda govori o modovima punjenja. Mod punjenja opisuje i sigurnosni komunikacijski protokol između EV i stanice za punjenje. Prema standardu IEC 61851-1 definišu se 4 različita moda punjenja. [7]

Mod 1 podrazumijeva spajanje EV sa ugrađenim punjačem na običnu kućnu utičnicu bez posebnih zaštitnih elemenata, ali električne instalacije moraju zadovoljavati određene uslove, tj. mora postojati sistem uzemljenja, osigurač za zaštitu od preopterećenja. Takođe je poželjno da na utičnicama postoji zaštita od napona dodira. Prema IEC 61851-1 standardu, konektori koji se koriste kod ovog načina punjenja ne moraju imati upravljačke pinove. Ne postoji nikakav zaštitni element između utičnice i vozila. Prednost ovakvog načina punjenja vozila je jednostavnost. Ograničenje predstavlja raspoloživa

struja u kućnim instalacijama. Snaga punjenja današnjih vozila u ovom modu je od 3 do 24 kW što odgovara strujama punjenja od 16 A kod jednofaznih punjača, do 32 A kod trofaznih punjača. Pošto je ovakvo punjenje višesatno, a kućne su utičnice predviđene za rad pri maksimalnoj snazi samo određeno kratko vrijeme može doći do zagrijavanja utičnice i priključnog kabla. Da bi se izbjegli spomenuti rizici, kompromisno je određeno da maksimalna struja punjenja u ovom modu može biti 10 A, zbog čega potpuno punjenje baterije EV može potrajati i do 12 sati, što je jedan od glavnih nedostataka. Problem se može riješiti posebnim instalacijama namijenjenim samo za punjenje baterija EV.

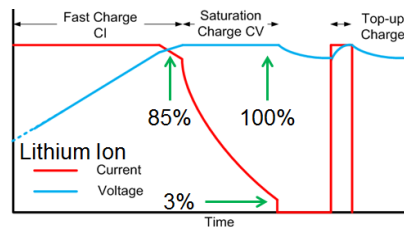
Kod moda 2, kao i kod moda 1, EV sa ugrađenim punjačem se priključuje na jednofaznu ili trofaznu mrežu (do 250 V_{AC} za jednofaznu i do 480 V_{AC} za trofaznu mrežu uz struje do 32 A) preko običnih kućnih utičnica sa uzemljenjem. Međutim, u modu 2 postoji zaštitni element koji se ugrađuje u kabal za punjenje i koji obezbjeđuje temperaturnu i prekostrujnu zaštitu. Omogućena je komunikacija vozila sa zaštitnim elementom. Zaštitni element ima i upravljačku funkciju jer može i upravljati jačinom struje punjenja.

U slučaju moda 3, EV s ugrađenim punjačem se ne spaja direktno na mrežu, kao kod prethodnih modova, već se spaja na posebnu stanicu za punjenje koja se može instalirati kako za javne tako i za kućne potrebe. Takva stanica ima već unaprijed ugrađene zaštitne i upravljačke elemente kao što su regulatori snage punjenja, prenaponska i prekostrujna zaštita. Kod ovog načina punjenja naglasak je na komunikaciji vozila sa stanicom za punjenje koja je omogućena preko dodatnih upravljačkih pinova koji se prema standardu IEC 61851-1 moraju nalaziti na konektorima i na stanici za punjenje i na samom EV. Zbog ove specifičnosti mod 3 je pogodan za spajanje na buduće napredne mreže (eng. *Smart Grid*) jer je omogućeno upravljanje električnom energijom. Prije nego što proces punjenja započne, ostvaruje se komunikacija između stanice za punjenje i EV. U prvom koraku stanica za punjenje provjerava povezanost s EV i šalje podatak o raspoloživoj vrijednosti struje punjenja. Zatim EV prema primljenim podacima podešava punjač, zaključava konektor i šalje zahtjev za početak punjenja. Stanica za punjenje također zaključava konektor, i ako su zadovoljeni ostali sigurnosni uslovi, započinje proces punjenja. Po završetku punjenja, EV šalje stanici zahtjev preko komunikacijskih pinova za prekid napajanja te stanica prestaje sa isporukom električne energije. [7]

U slučaju moda 4, EV se spaja na posebnu stanicu za punjenje koja za razliku od prethodnog moda sadrži i punjač pa se EV direktno puni DC strujom i nije potreban ugrađeni punjaču EV. Ovaj mod se koristi za brzo punjenje jer su struje punjenja prilično velike i iznose i do 400 A. Na ovom principu rada javne stanice za brzo punjenje koje mogu napuniti bateriju EV za manje od 20 min. Zaštitne i upravljačke funkcije ugrađene su, kao i kod moda 3, u stanicu za punjenje i omogućena je komunikacija EV sa stanicom. Glavna prednost je brzina punjenja, dok je nedostatak glomaznost kablova i priključaka na kojima usljed velike struje (reda 400 A) dolazi do pada napona i zagrijavanja. [7]

III. PROCEDURA PUNJENJA LI-ION BATERIJA

Jedan od razloga nedovoljnog korišćenja EV je problem skladištenja električne energije. Do prije 10 godina za skladištenje većih količina električne energije u EV koristile su se olovne akumulatorske baterije koje su bile velikih dimenzija i težine. Takođe, vrijeme punjenja traje dugo (6-12 sati) i zavisi od snage punjača. U novije vrijeme na tržištu su se pojavile akumulatorske baterije zasnovane na litijumu. Ove baterije su tri puta lakše i manjih dimenzija pri istom kapacitetu u poređenju sa olovnim baterijama. Podnose brza punjenja i uz upotrebu dovoljno snažnog punjača mogu se napuniti za 20-tak min. [7] U EV se danas dominantno koriste Li-Ion baterije kao izvor energije za pogonske motore. Baterija EV se sastoji od nekoliko stotina ćelija nominalnog napona 3,6 V povezanih serijski i paralelno.



Slika 2. Dijagram punjenja Li-Ion baterije. [7]

Kapaciteti baterija koji se koriste u raznim tipovima EV iznose od 4-100 kWh, sa uobičajenim naponima (za putnička vozila) od 200, 400 i 800 VDC. U skorije vrijeme očekuje se korišćenje napona od 920 V. Punjač bi trebao sam da prepozna tip baterije u EV i da mu prilagodi punjenje. [8] Li-Ion baterije su veoma osjetljivije za punjenje. Kod njih ne postoji faza održavanja, odnosno uvedena je faza dopunjavanja baterije kada napon baterije opadne ispod nominalnog (slika 2). Prekomjerno punjenje može da ošteti bateriju. Velika prednost im je što mogu da se pune relativno brzo za 2 do 3 sata. Postoji kompleksan odnos između brzine punjenja, vremena punjenja i životnog vijeka baterije. Brzo punjenje može da napuni bateriju do 70 % napunjenosti u veoma kratkom roku, ali vrijeme da se baterija napuni sa 70 do 100 % je tako dugo da i ukupno vrijeme potpunog punjenja baterije postaje dugo. Ako se baterija puni do 100 % napunjenosti ona može da se ošteti i njen životni vijek se skraćuje, tako da je optimalni nivo napunjenosti između 70 i 85 %. Posljedica ovoga je manje uskladištene energije u bateriji i smanjen domet vozila. Duboko ispražnjene Li-Ion baterije moraju prvo da se tretiraju malom konstantnom strujom dok im napon ne poraste do tačke kada može da se primjeni faza brzog punjenja. [9]

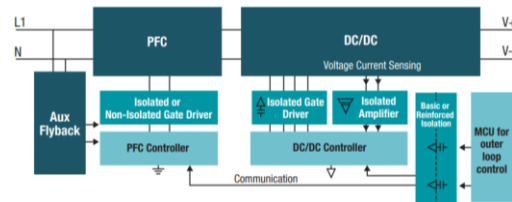
IV. TOPOLOGIJE PUNJAČA BATERIJA EV

Bilo da se realizuju kao jednofazni ili trofazni, *on-board* ili *off-board*, punjači baterija za EV imaju identičnu osnovnu strukturu. Sa ulazne AC strane nalazi se AC-DC pretvarač sa PFC funkcijom na čijem izlazu je regulisani DC napon, obično veći od maksimuma ulaznog AC napona. Glavni zadatak PFC pretvarača je da obezbjedi sinusoidalnu ulaznu struju u fazi sa ulaznim naponom, kako bi faktor snage (PF) i sadržaj viših

strujnih harmonika injektovanih u mrežu (THDi), bio u skladu sa važećim međunarodnim standardima. Na izlaz PFC pretvarača je spojen DC-DC pretvarač (obično sa galvanском izolacijom) čiji je zadatak generisanje izlazne struje i napona u skladu sa tipom i stanjem baterije koja se koristi kod EV. Veoma je važno da oba pretvarača imaju što veću efikasnost, što se postiže upotrebom najsavremenijih snažnih poluprovodničkih prekidača (GaN, SiC), ali i novih topologija i načina upravljanja (digitalno upravljanje). U posljednje vrijeme sve češće se zahtijeva da se punjači baterija EV realizuju pretvaračima koji omogućavaju dvosmjerni tok energije (bidirekcionni pretvarači, V2G spajanje sa mrežom).

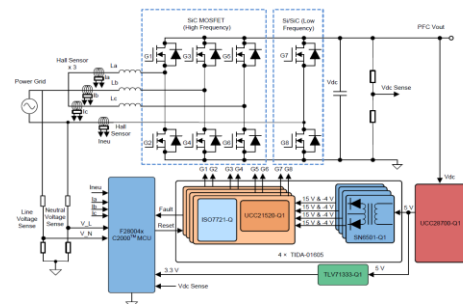
A. Jednofazni punjači

Blok šema jednofaznog on-board punjača, sa naglašenim energetskim i upravljačkim sklopovima, prikazana je na sljedećoj slici. Šema ima ranije opisanu osnovnu strukturu.



Slika 3. Arhitektura jednofaznog punjača. [2]

Najčešće korišćena topologija za realizaciju jednofaznog PFC pretvarača je podizač napona. Njegov osnovni nedostatak je što se koristi zajedno sa diodnim ispravljačem koji povećava ukupne gubitke i dozvoljava samo tok energije od AC mreže ka punjaču (V1G). U posljednje vrijeme se, zbog veoma dobrih karakteristika, često koriste PFC pretvarači u tzv. totem-pol konfiguraciji (slika 4), kod kojih je ulazni stepen realizovan kao bridžles pretvarač (bez diodnog ispravljačkog mosta) sa dvije ili tri grane kojima se upravlja višefazno (interleaved). Pretvarači ovog tipa omogućavaju dvosmjerno proticanje energije (V2G spajanje).

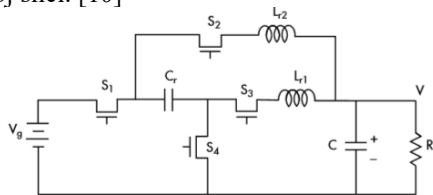


Slika 4. Totem-pol PFC sa trofaznim upravljanjem. [9]

Tabela II. Tehnička specifikacija totem-pol PFC [9]

Tehnička specifikacija totem-pol PFC sa trofaznim upravljanjem	
Ulaz	Izlaz
Napon: 85-265 V _{AC} , jednofazno 47 Hz – 63 Hz	Izlaz iz PFC: 400 – 600 V _{DC} (podesivo)
Struja: 32A (max)	Snaga: 6.6 kW (400 – 600 V _{DC})
Faktor snage: ≥ 0.99	Izlazna kapacitivnost: 900 μF
Viši harmonici: <2% (240V _{AC} , puno opterećenje)	Talasnost (ripple): < 65 V
	Maksimalna efikasnost: 98.86%

Mnogo se radi na pronalaženju novih i boljih topologija za realizaciju DC-DC pretvarača koji bi se koristili u punjaču baterija EV. Jedna od njih, nedavno publikovana, prikazana je na sljedećoj slici. [10]

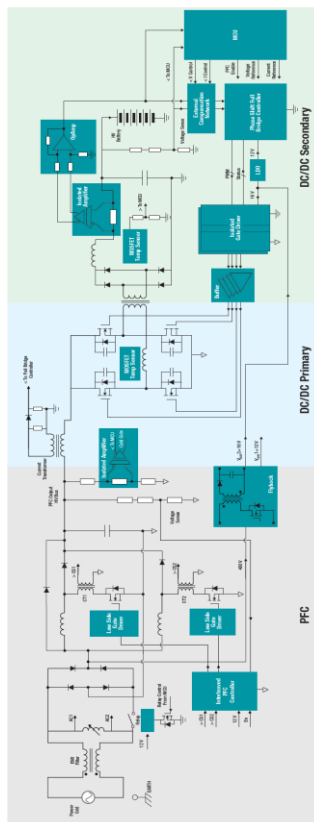


Slika 5. Šema ŠIM rezonantnog spuštača. [10]

Radi se o ŠIM rezonantnom spuštaču napona kod koga su diode zamijenjene (sinhrono upravljanim) tranzistorima radi povećanja efikasnosti i omogućavanja bidirekcionog rada. Rezonantni induktiviteti su već na prekidačkoj frekvenciji od 50 kHz toliko mali da mogu biti zamijenjeni vodičem (nema potrebe za feritnim jezgrom). Zbog toga su prekidački gubici veoma mali, odnosno postignuta je izuzetno velika efikasnost realizovanog prototipa (>99%). Osim toga, pretvarač ima izuzetne dinamičke osobine i omogućava eliminaciju tranzijenata u toku jednog prekidačkog ciklusa. Pogodan je za realizaciju *on-board* punjača manjih snaga (skuteri, trotočkaši).

1) Primjer konkretnog *on-board* punjača

Na sljedećoj slici je prikazana šema konkretnog *on-board* punjača koji može da radi sa ulaznim AC naponom (85-265 VAC), dok na izlazu daje 200-450 VDC/16 A (max), odnosno 3.3 kW. [11]



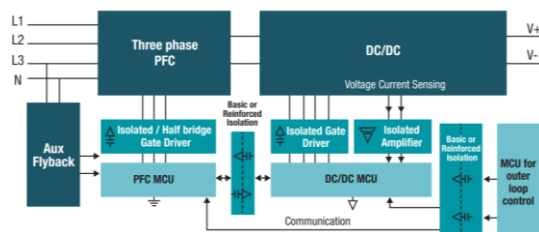
Slika 6. Šema konkretnog *on-board* punjača. [11]

Punjač se sastoji od ulaznog AC/DC PFC pretvarača i izlaznog mosnog DC/DC pretvarača. PFC stepen čine dva podizača napona koji rade paralelno, sa upravljačkim impulsima pomerenim za 180° (višefazno upravljanje), gdje svaki od podizača isporučuje po 1.65 kW snage na svom izlazu. Ovakva topologija doprinosi većoj efikasnosti, kao i kvalitetu (manjoj talasnosti) ulazne struje. Mosni DC/DC pretvarač, sa diodnim ispravljanjem na sekundarnoj strani, upravljani je sa ŠIM, ostvarenom pomoću fazno pomjeranog upravljanja granama mosta, čime se postiže prekidanje pri nultom naponu (ZVS). Na taj način su smanjeni prekidački gubici i EMI, odnosno povećana efikasnost i gustina snage.

B. Trofazni punjači

Punjači većih snaga napajaju se sa trofazne mreže i koriste odgovarajuće topologije pretvarača. I ovdje je na ulazu obavezni PFC pretvarač, a prema bateriji DC-DC. Moguće su dvije osnovne konfiguracije, u zavisnosti od toga da li se na ulazu PFC pretvarača koriste fazni ili linijski naponi. Konfiguracija sa tri jednofazna punjača spojena paralelno, koji rade na faznim naponima može se realizovati pomoću već razvijenih jednofaznih modula.

Iako koristi veći broj snažnih komponenti i mjernih i upravljačkih kola, prednost konfiguracije je modularnost, manja naponska opterećenost komponenti, jednostavno filtriranje. Izlazni napon odgovara naponu jednofaznog modula. Na slici 7 je prikazana konfiguracija trofaznog punjača na čijem ulazu su linijski naponi. Iako su komponente podvrgnute većim naponima, sa ovom konfiguracijom moguće je postići veće izlazne snage i napone. Realizacija upravljanja, mjernih i drajverskih kola je nešto složenija nego u prethodnom slučaju. [1][11]

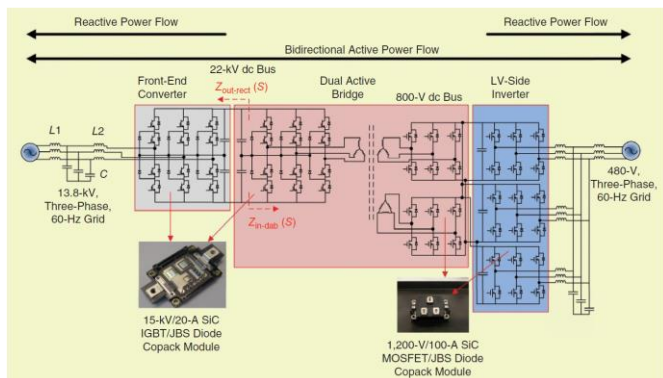


Slika 7. Trofazni punjač sa linijskim naponima na ulazu. [11]

C. Sredjenaponski brzi punjači

Konvencionalni brzi punjači snage reda 50 kW, sastoje se od energetskog mrežnog transformatora za prilagođenje srednjeg napona (oko 1000 V) i pretvarača za brzo punjenje (200-600 V) [12]. Njihova efikasnost je do 93%, što znači da se, za vrijeme punjenja, bar 7 % snage troši na zagrijavanje elemenata pretvarača. Za aktuelne snage punjenja, reda 450 kW [8], to bi značilo gubitke veće od 30 kW. Sredjenaponski (MV-medium voltage) punjači ne koriste energetski mrežni transformator, već su na srednji napon spojeni direktno ili preko SST (*Solid-State Transformer*). SST (ili IUT-*Intelligent Universal Transformer*) zamjenjuju energetske mrežne transformatore i drugu opremu potrebnu da se brzi punjač priključi na sredjenaponsku mrežu. Realizuju se pomoću snažnih MOSFET/IGBT komponenti i visokofrekventnih

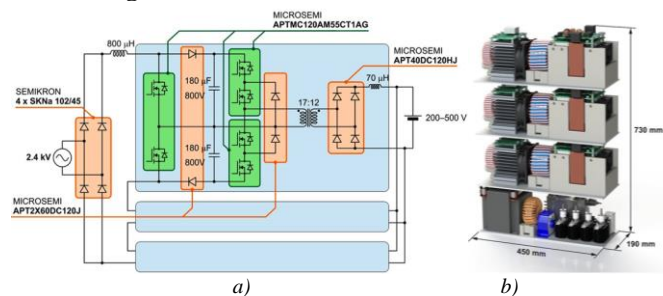
transformatora, a osim prilagođenja napona mogu objedinjavati zaštitne, kao i funkcije popravke kvaliteta električne energije. Električna šema SST 13.8 kV/480 V i data je na sljedećoj slici.



Slika 8. Energetska šema SST 13.8 kV/480 V. [13]

Za potrebe razvoja XFC punjača (eng. EXtreme Fast Charger), koji treba da omogući autonomiju EV od oko 300 km za manje od 10 minuta punjenja, razvija se SST snage 400 kW, ulaznog napona 4.8 kV ili 13.2 kV, sa SiC MOSFET komponentama. Očekuje se da će predloženi XFC imati efikasnost do 96.5% (povećanje za 3.5%), četiri puta manju težinu i dva puta manje dimenzije u odnosu na konvencionalne DC brze punjače, a imaće i visokonaponski DC priključak (HVDC) radi povezivanja sa mikromrežama obnovljivih izvora i sistemima za skladištenje energije. Planirano je da prototip bude realizovan do 2020. [14]

Srednjenaponski brzi punjač (MVFC) je spojen direktno na srednjenaponsku mrežu koju pretvara na DC nivo kompatibilan sa baterijama EV, istovremeno obavljajući funkciju transformatora i brzog punjača [12]. Na sljedećim slikama je data električna šema, odnosno izgled i dimenzije realizovanog MVFC.



Slika 9. Električna šema MVFC sa SiC MOSFET i diodama a), realizacija MVFC b). [11]

Tabela III. Tehnička specifikacija MVFC [11]

Tehnička specifikacija MVFC
Ulazni napon: 2400 VAC
Izlazna snaga: 50 kW
Izlazni napon: 200-500 VDC (podesivo)
Faktor snage: ≥ 0.98
THD ulazne struje: $\leq 5\%$
Maksimalna efikasnost: 97.6 %
Zaprimina: 63 l
Masa: 57 kg

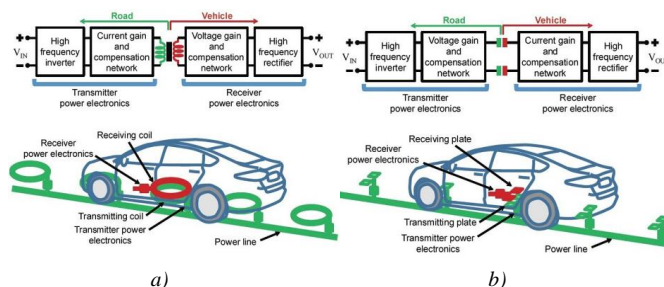
U odnosu na klasična rješenja dimenzije su smanjene četiri puta. Postignuta efikasnost znači dodatnih 4.5 % snage za punjenje, smanjene gubitke (oko 11 kW na 450 kW) i troškove rada, te snižene cijene punjenja za potrošače. Sistem može biti povezan i u trofaznu konfiguraciju, sa odgovarajućim povećanjem snage. Trenutno se razvija nova generacija MVFC, predviđena za mnogo veće snage, sposobna da istovremeno (mnogo brže) puni više EV. Stanica za punjenje treba da ima veći broj priključaka i SST za spajanje na mrežu. SST će služiti za povezivanje lokalne DC mikromreže, baterije za skladištenje energije i većeg broja (5-10) punjačkih tačaka. MVFC sa više priključaka imaće snagu od 1 MW, dok će svaka priključna tačka obezbjeđivati do 350 kW. [12]

V. BEŽIČNI PUNJAČI ZA EV/PHEV

Bežični sistem punjenja baterije EV sastoji se od elemenata za odašiljanje, ugrađenih u tlo ispod parkiranog vozila i prijemnih elemenata, ugrađenih sa donje strane vozila, povezanih sa sistemima za monitoring baterije. Položaj vozila i odstojanje od tla su presudni za uspješnu primjenu bežičnih punjača. Bežični punjači moraju biti u mogućnosti da pune sve vrste baterija EV, bez obzira na visinu i odstojanje od podloge. Sistemi za bežični prenos energije ili WPT (eng. *Wireless Power Transfer*) dijele se na dva tipa: induktivne, koji koriste magnetno polje između namotaja i kapacitivne, koji koriste električno polje između provodnih ploča za prenos energije (slika 10).

Induktivni WPT sistemi za usmeravanje magnetnog fluksa koriste feritna jezgra, što ih čini skupim i teškim. Takođe, da bi se ograničili gubici u feritima, radne frekvencije su ispod 100 kHz, što zahtijeva korišćenje namotaja sa velikim brojem zavoja, pri čemu je gustina prenosa snage mala. [14]

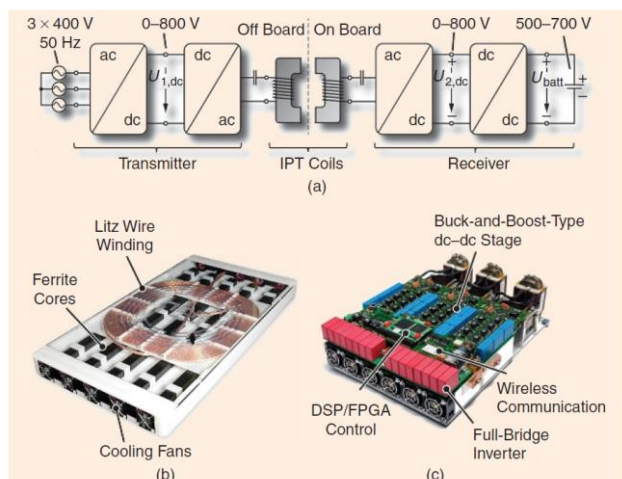
Kapacitivni WPT sistemi imaju potencijalne prednosti u odnosu na induktivne sisteme zbog relativno usmjerene prirode električnih polja. Oni rade na višim frekvencijama, zbog čega mogu biti manji i jeftiniji. Međutim, zbog veoma male kapacitivnosti između kolovoza i ploča unutar vozila, efektivni prenos snage može se desiti samo na veoma visokim frekvencijama, što čini projektovanje kapacitivnih WPT sistema veoma složenim. Zahvaljujući pojavi moćnih poluprovodničkih komponenti (GaN i SiC) omogućen je razvoj kapacitivnih WPT sistema koji rade na visokim frekvencijama.



Slika 10. Dva pristupa za WPT za EV: (a) induktivni sistem, (b) kapacitivni sistem. [13]

Glavna prednost WPT sistema je što, uz izradu ne baš jednostavne i jeftine putne infrastrukture, omogućavaju punjenje EV u pokretu. [15]

Na sljedećoj slici prikazana je praktična realizacija induktivnog WPT sistema snage 50 kW za punjenje baterije EV, spojenog na niskonaponsku trofaznu mrežu. Postignuta je efikasnost bežičnog prenosa od 98% i gustina snage 1.6 kW/dm³, odnosno 2 kW/kg. Pretvarač u EV, na bazi SiC komponenti, ima efikasnost od 98.6%, gustinu snage 9.5 kW/dm³ i digitalno upravljanje na bazi DSP i FPGA. [16]



Slika 11. Induktivni WPT snage 50 kW, za punjenje baterije EV: a) Blok šema, b) Namotaji, c) SiC pretvarač u EV. [14]

VI. ZAKLJUČAK

U ovom radu istaknut je značaj razvoja punjača za baterije u EV kako bi se povećala prodaja, proizvodnja i korištenje EV. Stanice za punjenje EV trebaju biti u skladu sa savremenim trendovima u elektrifikaciji (korištenje obnovljivih izvora energije, vraćanje energije u mrežu, mogućnost punjenja novih tipova baterija itd.). Pored toga punjači moraju ispuniti razne zahtjeve kao što su dimenzije, težina, maksimalna snaga i lokacija na kojoj je instalirana stanica za punjenje. Ove osnovne kao i mnoge specifične zahtjeve definišu opisani međunarodni standardi. Postoje različite topologije u zavisnosti od tipa punjača za baterije EV, bilo da se radi o AC ili DC, jednofaznom, trofaznom, sredjenaponskom ili bežičnom punjaču. U radu su dati konkretni savremeni primjeri za ove topologije, u kojima su korištene nove elektronske komponente kao što su SiC MOSFET i SST. Razvoj novih elektronskih komponenti značajno je unaprijedio razvoj punjača EV, što doprinosi cilju potpunog prelaska na proizvodnju i masovno korištenje EV u bližoj budućnosti.

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se na pomoći i saradnji prof.dr Milomiru Šoji koji je bio mentor ovog rada.

LITERATURA

- [1] A. Jhunjunwala, P. Kaur, S. Mutagekar, "Electric Vehicles in India," IEEE Electrification Magazine, decembar 2018.
- [2] S. Chandler, J. Gartner, D. Jones, „Integrating electric vehicles with energy storage and grids,“ IEEE Electrification Magazine, septembar 2018.
- [3] X. Gong, J. Rangaraju, "Taking charge of electric vehicles,“ Texas Instruments, novembar 2018.
- [4] "Solar Generation,Storage, and Electric Vehicles in Power Grids", IEEE Electrification Magazine, decembar 2018.
- [5] V. Radošević, M. Cvitanović, D. Puzak, "Tehnički i regulatorni uvjeti priključenja punionica električnih vozila na elektroenergetsku mrežu,“ Opatija, maj 2018.
- [6] P. O'Connor, M. Jacobs, "Electrification and Challenging Our Preconceptions,“ IEEE Electrification Magazine, decembar 2018.
- [7] D. Domladovac, "Proračun FN sustava za punjenje električnih vozila, Karlovac,“ 2015.
- [8] N. Flaherty, "Prototype 450 kW fast charger opens in Germany,“ EE News Europe, januar 2019.
- [9] C. Gilmore, "DC/DC Converters for Automotive Applications; Systems Training,“ Texas Instruments, decembar 2018.
- [10] S. Čuk, S. Davis, "Step-Down DC-DC Converter Eliminates Ferrite Cores at 50kHz Enabling Power Supply on Chip with One-Cycle Transient,“ decembar 2018.
- [11] "TI Designs: TIDA-01604 98.6% Efficiency, 6.6-kW Totem-Pole PFC Reference Design for HEV/EV Onboard Charger,“ avgust 2018.
- [12] S. Chon, J. Beall, "Intelligent battery management and charging for electric vehicles,“ Texas Instruments, decembar 2018.
- [13] S. Davis, "SiC Power Devices Lead to More Efficient, Smaller EV Battery Charger,“ FREEDM Engineering Research Center, novembar 2018.
- [14] R. Bosshard, J. W. Kolar, "A Transformerless Intelligent Power Substation,“ IEEE Power Electronics Magazine, septembar 2016.
- [15] K. Afridi, "Wireless charging of EV,“ Power Electronics, februar 2018.
- [16] R. Bosshard, J. W. Kolar, "Inductive Power transfer for Electric Vehicle charging,“ IEEE Power Electronics Magazine, septembar 2016.

ABSTRACT

One of the basic steps that need to be fulfilled to make the use of electric vehicles (EV) more widespread is development of suitable chargers that meet a variety of requirements. The power, the charging mode, the dimensions, the weight of the charger, the type of connectors are decisive factors for a particular charger to match different types of batteries in the EV. In order to define complex requirements for battery chargers in EV, the relevant international standards are prescribed. These standards define different charging modes depending on whether AC, DC or fast battery charging is concerned. According to the split on the AC and DC chargers, various topologies have been described when talking about the process of charger design. In this paper different examples are given for realization using modern electronic components such as SiC MOSFET transistors and a new type of SST transformer. The concept of wireless charging of batteries in the EV is also described. This concept is still at the beginning of development, but because of the many advantages it gains more and more importance.

CHARGERS FOR BATTERIES IN EV

Aleksandra Radovanović