

KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za studije II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 26.08.2014. godine, imenovala nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. Darka Fabijana pod naslovom „Digitalno upravljanje sistemom za praćenje maksimalne snage solarnog panela u autonomnom fotonaponskom sistemu“. Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci o kandidatu

Darko Fabijan rođen je 24.03.1989. godine u Pančevu. Pančevačku gimnaziju, prirodno-matematički smer, završio je sa odličnim uspehom, kao nosilac diplome Vuk Karadžić i učenik generacije. Osnovne studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu upisao je 2008. godine. Diplomirao je u oktobru 2012. godine na Odseku za elektroniku sa prosečnom ocenom na ispitima 9.24, a diplomski rad ocenjen je ocenom 10. Diplomске akademske - master studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu upisao je oktobra 2012. godine na Odseku za elektroniku. Položio je sve ispite sa prosečnom ocenom 9.6. Od oktobra 2012. godine zaposlen je u firmi Enel d.o.o. Beograd.

2. Opis master rada

Master rad kandidata sadrži 90 strana teksta, zajedno sa slikama, spiskom literature i dodatkom. Rad je podeljen u 12 poglavlja. Spisak literature sadrži 37 referenci.

Predmet master rada je projektovanje i implementacija mikrokontrolerski upravljano buck-boost DC/DC konvertora za potrebe punjenja olovniha akumulatora nominalnog napona 12 V iz solarnog panela čija maksimalna snaga iznosi 128 W. U uvodnom poglavlju je opisano da sistem funkcioniše prema standardnom algoritmu punjenja olovniha akumulatora koji propisuje četiri režima rada zavisno od napona praznog hoda akumulatora. Prva dva režima jesu režimi punjenja konstantnim strujama različitih intenziteta. Treći režim rada je režim punjenja konstantnim naponom. Četvrti režim rada je režim putem koga se postiže maksimalna izlazna snaga solarnog panela pri trenutnim atmosferskim uslovima (MPPT -maximum power point tracking). U istom poglavlju dat je pregled stanja u relevantnoj literaturi iz analizirane oblasti.

U drugom poglavlju data je blok šema sistema i detaljnije je opisan algoritam punjenja olovniha akumulatora.

U trećem poglavlju dat je opis svih hardverskih celina sistema. Hardverske celine sistema su: solarni panel, buck-boost DC/DC konvertor, akumulator, kola za senziranje ulaznih i izlaznih struja i napona DC/DC konvertora, high-side MOSFET drajver, evaluaciona pločica STM32VLDISCOVERY na kojoj se nalazi mikrokontroler STM32F100RBT6, USB to UART konvertor i pomoćno napajanje na bazi flyback konvertora.

U četvrtom poglavlju je izvršen proračun prenosnih funkcija buck-boost DC/DC konvertora primenom state-space averaging tehnike.

U petom poglavlju opisan je postupak za eliminaciju uticaja prekidačkog šuma na proces regulacije punjenja koji je zasnovan na RES/FES algoritmu odabiranja.

U šestom poglavlju dat je opis digitalnog impulsno-širinskog modulatora.

U sedmom poglavlju je definisan postupak za određivanje rezolucije A/D konvertora koji za cilj ima da se izbegnu oscilacije u sistemima sa digitalnim upravljanjem koje se nazivaju "limit cycle".

U osmom poglavlju je prikazan postupak projektovanja digitalnog jednopolnog regulatora za jedan režim punjenja, primenom metode koja se naziva digitalni redizajn.

U devetom poglavlju izvršena je uporedna analiza najzastupljenijih MPPT algoritama. Analizirani MPPT algoritmi su: Perturbe and observe, Delta perturbe and observe i Full Curve Evaluation. U istom poglavlju je dat i opis novog Hibridnog MPPT algoritma koji je zasnovan na kombinaciji pomenutih MPPT algoritama.

U desetom poglavlju je opisana organizacija softvera mikrokontrolera i PC aplikacije. Putem PC aplikacije može se podesiti da sistem radi u željenom režimu punjenja ili da radi u automatskom modu rada u kome se punjenje odvija prema algoritmu punjenja olovnih akumulatora. Putem PC aplikacije se mogu očitati bitniji parametri sistema u toku punjenja.

U jedanaestom poglavlju su prikazani eksperimentalni rezultati funkcionisanja sistema za napajanje u režimima punjenja sa konstantnim strujama različitog intenziteta i u režimu punjenja konstantnim naponom. U ovom poglavlju su prikazane i performanse korišćenih MPPT algoritama i performanse novopredloženog Hibridnog MPPT algoritma.

U dvanaestom poglavlju je zaključak u kome su navedene prednosti novopredloženog Hibridnog MPPT algoritma u odnosu na analizirane MPPT algoritme, navedeni su doprinosi rada i ukazano je na mogućnost daljeg rada na polju analize MPPT algoritama.

3. Analiza rada s ključnim rezultatima

U master radu kandidata prikazan je postupak projektovanja i implementacije digitalno upravljanog buck-boost DC/DC konvertora za potrebe punjenja olovnih akumulatora nominalnog napona 12 V iz solarnog panela XC-128 firme XC3-Solar čija maksimalna snaga iznosi 128 W. Sistem funkcioniše prema standardnom algoritmu punjenja olovnih akumulatora koji, u zavisnosti napona praznog hoda akumulatora, propisuje punjenje konstantnim naponom ili konstantnim strujama različitog intenziteta. Sistem prelazi u MPPT režim rada ukoliko je snaga solarnog panela pri trenutnim atmosferskim uslovima manja od snage koja je potrebna za regulaciju punjenja prema pomenutom algoritmu.

Korišćenjem state-space averaging tehnike izvršen je proračun prenosnih funkcija DC/DC konvertora koje su neophodne za potrebe projektovanja regulatora punjenja za svaki režim rada.

Opisan je postupak odabiranja napona DC/DC konvertora koji za cilj ima eliminaciju uticaja prekidačkog šuma na proces regulacije punjenja. Razmatrane su osobine digitalnog impulsno-širinskog modulatora i analiziran je uticaj učestanosti taktnog signala tajmera DPWM-a na grešku pri regulaciji punjenja. Rezolucija A/D konvertora proračunata je prema postupku koji za cilj ima izbegavanje oscilacija u sistemima sa digitalnim upravljanjem koje se nazivaju "limit cycle".

Metod po kome je izvršeno projektovanje regulatora naziva se digitalni redizajn. Prema pomenutoj metodi najpre je potrebno konvertovati u analogni domen sve funkcije prenosa u strukturnom blok dijagramu sistema koje se realizuju u digitalnom domenu. Odabrani tip regulatora je jednopolni regulator, a njegova implementacija je zasnovana na aritmetici sa fiksnom tačkom.

Izvršena je uporedna analiza i realizacija sledećih MPPT algoritama: Perturbe and observe, Delta perturbe and observe i Full Curve Evaluation. Osim prethodnog, izvršena je i realizacija i ocena novog Hibridnog MPPT algoritma koji je zasnovan na kombinaciji pomenutih MPPT algoritama.

Osnovni doprinosi rada su:

- a) novopredloženi Hibridni MPPT algoritam čije se prednosti u odnosu na postojeće MPPT algoritme mogu jasno uočiti na osnovu priloženih eksperimentalnih rezultata,
- b) opis kompletnog postupka projektovanja i implementacije digitalnih regulatora koji imaju široku primenu u upravljanju energetske pretvaračima i elektromotorima,
- c) opis načina realizacije hardverskih celina sistema koji može predstavljati osnov za projektovanje hardvera sistema za praćenje maksimalne snage solarnih panela različitih karakteristika, samostalno, ili u distribuiranom sistemu

4. Zaključak i predlog

Kandidat Darko Fabijan se u svom master radu bavio digitalnim upravljanjem sistema za praćenje maksimalne snage solarnog panela u autonomnom fotonaponskom sistemu. Koristio je napredne hardverske i softverske alate, a pri izradi teze je pokazao visok stepen originalnosti i samostalnosti.

Na osnovu svega navedenog, a imajući u vidu i rezultate do kojih je kandidat došao u svom radu, članovi komisije predlažu Komisiji za studije II stepena ETF-a u Beogradu da se odobri javna usmena odbrana master rada „Digitalno upravljanje sistemom za praćenje maksimalne snage solarnog panela u autonomnom fotonaponskom sistemu“.

U Beogradu ¹⁴7. 9. 2015.

Članovi komisije za pregled i ocenu

R. Đurić

Doc. dr Radivoje Đurić

Milan Ponjavić

Doc. dr Milan Ponjavić