Uzlazni istosmjerni pretvarač napona za sustave žetve energije

Vinković, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:942539

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-24**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Sveučilišni studij

UZLAZNI ISTOSMJERNI PRETVARAČ NAPONA ZA SUSTAV ŽETVE ENERGIJE

Diplomski rad

Ivan Vinković

Osijek, 2019.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1
1.1 Zadatak diplomskog rada 1
2. ELEKTRONIČKI ENERGETSKI PRETVARAČI 2
2.1 Istosmjerni pretvarači 2
2.1.1 Podjela istosmjernih pretvarača 3
2.1.2 Način rada istosmjernih pretvarača 4
3. IZRADA 5
3.1 Izračun 7
4. MJERENJA 13
5. ZAKLJUČAK 24
LITERATURA 25
SAŽETAK 26
ABSTRACT 26
ŽIVOTOPIS 27
Popis slika 28
Popis tablica 30

1. UVOD

Istosmjerni pretvarači su uređaji ugrađeni između istosmjernih izvora i istosmjernih trošila pomoću kojih se izravno skaliraju veličine napona odnosno struja istosmjernih izvora na zahtijevanu veličinu istosmjernih trošila. U radu će biti prikazana izrada, analiza rada, testiranje i simulacija uzlaznog istosmjernog pretvarača. Mijenjati će se ulazni napon, frekvencija rada, otpor trošila i duty cycle, te usporediti za koje vrijednosti se dobije najveća korisnost. Također će se izvršiti usporedba dobivenih rezultata mjerenja izrađenog sklopa sa simulacijom napravljenom u Multisimu i vidjeti međusobnu ovisnost određenih parametara. Kao rezultat mjerenja biti će prikazani valni oblici izlaznog napona za različite zadane parametre.

Žetva energije je hvatanje i pretvaranje manjih količina energije dostupne iz prirode u korisnu električnu energiju. Može biti izravno upotrebljena ili pohranjena za kasniju upotrebu i služi kao izvor energije na mjestima gdje nema mreže, a nije učinkovito instalirati solarne ploče ili vjetroturbine. Prikladna je za većinu bežičnih aplikacija, senzora, ugrađenih uređaja i daljinska mjerenja. Iskorištavanje energije hvatanjem izrazito je korisno jer zamjenjuje baterije na mjestima koja su udaljena, nepraktična ili opasna. Snaga se koristi najbliže izvoru pa se eliminiraju gubici prijenosa. Kako je ubrana energija relativno mala može se koristit pretvarač kako bi ju dodatno povećao za daljnju upotrebu.

1.1 Zadatak diplomskog rada

Zadatak diplomskog rada je razvoj, izrada i evaluacija uzlaznog istosmjernog pretvarača napona za primjenu u sustavima žetve energije.

2. ELEKTRONIČKI ENERGETSKI PRETVARAČI

Elektronički energetski sklopovi koji mijenjaju parametre električne energije nazivaju se pretvarači koji imaju funkciju promjene istosmjerne u izmjeničnu struju i obrnuto, razine napona ili što je već potrebno u sustavu.

Funkcije ovise i o vrsti sustava električne energije, dakle može biti pretvorba izmjeničnog sustava u istosmjerni (izmjenično-istosmjerni pretvarači tzv. ispravljači), istosmjernog u izmjenični sustav (istosmjerno-izmjenični pretvarači tzv. izmjenjivači), izmjeničnog u izmjenični sustav, pri čemu dolazi do promjene amplitude, frekvencije ili faze (izmjenični pretvarači) i istosmjerni u istosmjerni sustav sa promjenom vrijednosti amplitude (istosmjerni pretvarači).

Pretvorba može biti izravna ako se energija odmah pretvara u odgovarajući oblik ili neizravna ako je potrebna dvostruka pretvorba ulazne energije kako bi se dobio odgovarajući oblik.

2.1 Istosmjerni pretvarači

Istosmjerni pretvarače čini skup sklopova energetske elektronike koji istosmjerne veličine napona i struje na ulazu pretvaraju u istosmjerne napone i struje izmijenjenih vrijednosti. Minimizirana je potrošnja energije čime se održava vrlo visok stupanj korisnosti uložene energije.

Istosmjerni pretvarači se dijele na:

-silazni pretvarač (BUCK) - upravljanjem se postižu izlazni naponi u rasponu 0 – 100% ulaznog napona pretvarača, rad se zasniva na akumuliranju određenog dijela energije u induktivitetu koji nadalje tu energiju kontinuirano prosljeđuje trošilu. [2]

-uzlazni pretvarač (BOOST) – upravljanjem se postižu izlazni naponi u rasponu 100% - ∞ ulaznog napona pretvarača. Rad se zasniva na akumuliranju određenog dijela energije u induktivitetu, te prosljeđivanja povišenog napona trošilu koje se sastoji od serijskog zbroja izvora i induciranog napona na induktivitetu.[2]

-silazno-uzlazni pretvarač i čukov pretvarač (BUCK-BOOST) – upravljanjem se postižu izlazni naponi u rasponu od 0 - ∞ % ulaznog napona pretvarača. Rad se zasniva na akumuliranju

određenog dijela energije u induktivitetu, te prosljeđivanju te energije kroz inducirani napon prema trošilu.[2]

Poznato je da se na raspoložive istosmjerne pojne mreže ne smiju izravno spojiti istosmjerna trošila zbog različitih nazivnih napona istosmjernih pojnih mreža i trošila, te se često zahtjeva da budu galvanski odvojena od pojne mreže. Također, u pogonima gdje je jedini izvor akumulatorska baterija, važno je da se srednja vrijednost napona na trošilu može kontinuirano mijenjati ili da se pojna mreža na priključcima trošila ponaša kao strujni izvor. Iz ovih razloga nužno je potrebno galvansko odvajanje ili ugradnja istosmjernih pretvarača koji će skalirati veličine napona, odnosno struje pojnih mreža koje zahtjeva istosmjerno trošilo.

Istosmjerna trošila mogu biti energetska trošila (napajana iz istosmjernih pretvarača uzbude istosmjernih i sinkronih strojeva, armature istosmjernih strojeva i akumulatorske baterije) i elektronička trošila (napajana iz istosmjernih pretvarača elektroničkih sklopovskih uređaja, kao što su audio i video uređaji, računala, instrumentacijska oprema). Za ispravan rad istosmjernih trošila potrebno je pomoću istosmjernih pretvarača za sva energetska trošila omogućiti kontinuiranu struju trošila, a za elektronička trošila je potrebno omogućiti kontinuirani napon trošila. Također trošilima koja zahtjevaju kontinuiranu struju dodajemo u seriju zavojnicu, te se takva trošila nazivaju induktivna trošila, a trošilima koja zahtjevaju kontinuirani napon dodajemo paralelno spojeni kondenzator, pa se takva trošila nazivaju kapacitivna trošila.

Kao vrste istosmjernih izvora imamo naponske izvore od kojih su najvažniji akumulatori i istosmjerni generatori, te strujne izvore gdje su najvažniji fotonaponski članci.

2.1.1 Podjela istosmjernih pretvarača

Podjelu istosmjernih pretvarača možemo napraviti obzirom na iznos stvorene izmjenične snage i obzirom na broj kvadranata izlazne u-i karakteristike.

Pretvarači s obzirom na iznos stvorene izmjenične snage se dijele na izravne i neizravne istosmjerne pretvarače, od kojih neizravni pretvarači mogu biti sa ili bez galvanskog odvajanja.

Pretvarači s obzirom na broj kvadranata u-i karakteristike mogu biti jednokvadrantni, dvokvadrantni i četverokvadrantni, od kojih se dvokvadratni još dijele na strujno jednosmjene i naponski jednosmjerne.

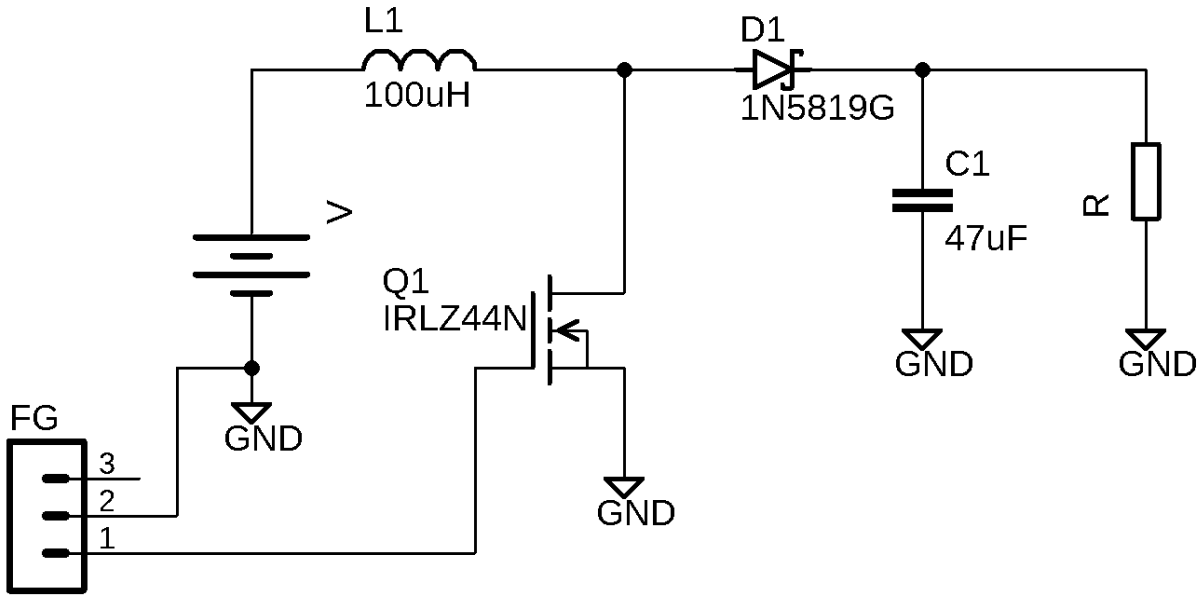
2.1.2 Način rada istosmjernih pretvarača

Način rada istosmjernih pretvarača ovisi o valnom obliku struje zavojnice u ustaljenom stanju, pa može biti kontinuirani i diskontinuirani način rada. Kontinuirani način rada znači da je unutar sklopne periode struja zavojnice kontinuirana, dakle poprima vrijednosti različite od nule. A istosmjerni pretvarač se nalazi u diskontinuiranom načinu rada ako je struja zavojnice unutar sklopnog perioda diskontinuirana odnosno poprima vrijednost nula sve dok sklopka ponovo ne provede.

Karakteristike istosmjernih pretvarača uvelike ovise o načinu rada, jer se istosmjerni pretvarač ovisno o promjenama ulaznih veličina i traženih izlaznih veličina može tijekom rada prelaziti iz jednog u drugi način rada. Zbog toga je pri analizi rada istosmjernih pretvarača potrebno razmotriti oba načina rada.

3. IZRADA

Prije izrade samog sklopa bilo je potrebno napraviti simulaciju i izračun potrebnih vrijednosti određenih parametara. Komponente koje su bile korištene za izradu sklopa su zavojnica od 100uH, Schottky dioda, kondenzator od 47uF, MOSFET (IRLZ44N) kao sklopka, a u funkciji istosmjernog izvora nalazi se laboratorijsko napajanje. Funkcijski generator služi za generiranje potrebnog pravokutnog PWM signala određene amplitude i frekvencije, te na njemu mijenjamo vrijednosti duty cycle-a koji povećava ili smanjuje izlazni napon istosmjernog pretvarača.



Slika 3.1: *Shema sklopa*

Za početak je bilo potrebno pronaći formule za istosmjerni uzlazni pretvarač i izračunati koliki se dobije izlazni napon za određene vrijednosti napona na ulazu. Kako se radi o žetvi energije trebali bi imati na ulazu što manju struju odnosno napon. Iz relacije (3-1) se izračunava vrijednost izlaznog napona, gdje Vo označava izlazni napon, Vi ulazni napon dok je D duty cycle.

$$V_o = \frac{V_i}{1 - D} \tag{3-1}$$

Da bi se dobila vrijednost otpora R potrebno ga je izračunati iz relacije (3-2) koja glasi:

$$R = \frac{2L}{KT_s} \tag{3-2}$$

gdje L označava induktivitet zavojnice,

Ts - period titranja

,dok je K konstanta.

Konstantu K možemo dobiti iz relacije (3-3).

$$K = \frac{4D^2}{(\frac{2V_o}{V_i} - 1)^2 - 1} \tag{3-3}$$

Period titranja Ts dobije se iz relacije (3-4), gdje ćemo vidjeti koje vrijednosti poprima izlazni napon za različite vrijednosti frekvencije f.

$$T_s = \frac{1}{f} \tag{3-4}$$

Iz dobivenih vrijednosti uvrštavanjem u relaciju (3-2) dobivamo vrijednost otpora. Ako iz relacije (3-2) izrazimo otpor vidimo da je otpor direktno proporcionalan induktivitetu L, a obrnuto proporcionalan periodu titranja Ts.

Korištenjem navedenih relacija dobiveni su očekivani rezultati koji će kasnije biti uspoređeni sa rezultatima dobivenim provođenjem mjerenja.

3.1 Izračun

Iz relacije (3-1) za izračunavanje izlaznog napona izračunava se očekivani izlazni napon za sve vrijednosti duty cycle-a za tri različite vrijednosti ulaznog napona. Zatim se izračunava konstanta K, koja je jednaka za sve vrijednosti duty cycle-a D pri određenoj frekvenciji, nakon čega dobivamo vrijednosti otpora R.

Tablica 3.1.1: *Izračun vrijednosti izlaznog napona za različite razine duty cycle-a pri vrijednosti ulaznog napona 2,5V*

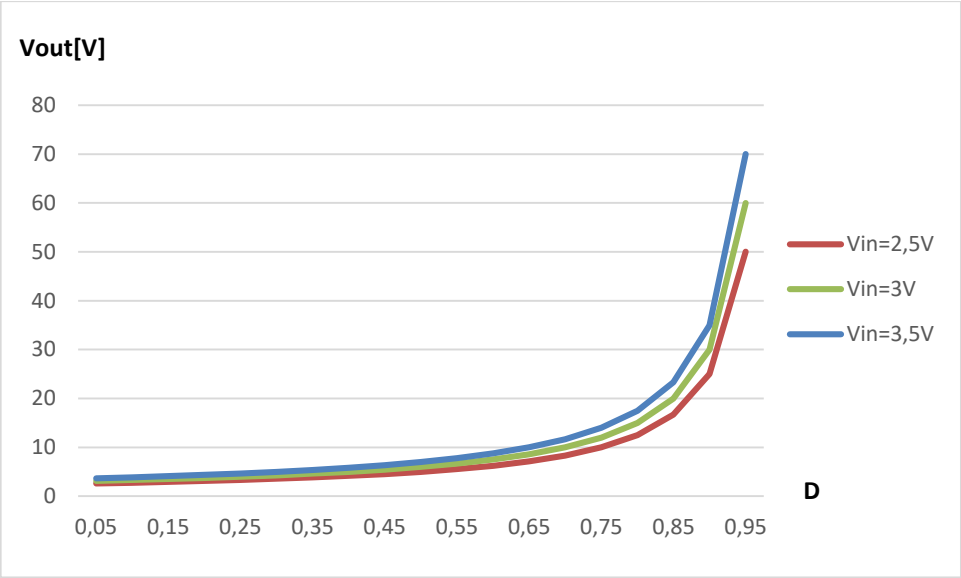
Vin [V]	D	Vout [V]
2,5	0,05	2,6315789
2,5	0,10	2,7777778
2,5	0,15	2,9411765
2,5	0,20	3,125
2,5	0,25	3,3333333
2,5	0,30	3,5714286
2,5	0,35	3,8461538
2,5	0,40	4,1666667
2,5	0,45	4,5454545
2,5	0,50	5
2,5	0,55	5,5555556
2,5	0,60	6,25
2,5	0,65	7,1428571
2,5	0,70	8,3333333
2,5	0,75	10
2,5	0,80	12,5
2,5	0,85	16,666667
2,5	0,90	25
2,5	0,95	50

Tablica 3.1.2: *Izračun vrijednosti izlaznog napona za različite razine duty cycle-a pri vrijednosti ulaznog napona 3V*

Vin [V]	D	Vout [V]
3	0,05	3,1578947
3	0,10	3,3333333
3	0,15	3,5294118
3	0,20	3,75
3	0,25	4
3	0,30	4,2857143
3	0,35	4,6153846
3	0,40	5
3	0,45	5,4545455
3	0,50	6
3	0,55	6,6666667
3	0,60	7,5
3	0,65	8,5714286
3	0,70	10
3	0,75	12
3	0,80	15
3	0,85	20
3	0,90	30
3	0,95	60

Tablica 3.1.3: *Izračun vrijednosti izlaznog napona za različite razine duty cycle-a pri vrijednosti ulaznog napona 3,5V*

Vin [V]	D	Vout [V]
3,5	0,05	3,6842105
3,5	0,10	3,8888889
3,5	0,15	4,1176471
3,5	0,20	4,375
3,5	0,25	4,6666667
3,5	0,30	5
3,5	0,35	5,3846154
3,5	0,40	5,8333333
3,5	0,45	6,3636364
3,5	0,50	7
3,5	0,55	7,7777778
3,5	0,60	8,75
3,5	0,65	10
3,5	0,70	11,666667
3,5	0,75	14
3,5	0,80	17,5
3,5	0,85	23,333333
3,5	0,90	35
3,5	0,95	70



Slika 3.2: *Graf ovisnosti izlaznog napona o duty cycle-u dobivenog izračunom za ulazni napone 2,5V, 3V i 3,5V.*

Iz prethodnih tablica je vidljivo da se vrijednosti izlaznog napona povećavaju u skladu sa povećavanjem duty cycle-a, odnosno pri nižim razinama duty cycle-a vrijednost izlaznog napona bilježi manja povećanja, dok pri višim razinama vrijednost izlaznog napona bilježi nagli porast.

Dalje za određene vrijednosti frekvencije i perioda dobivamo vrijednost otpora trošila R kojeg je potrebno izračunati kako bi znali koju vrijednost otpora koristiti za simulaciju i mjerenja. Prema relaciji (3-3) izračunava se vrijednost konstante K za vrijednost duty cycle-a 0,5. Zatim je prema relaciji (3-4) izračunat period titranja Ts pri određenoj frekvenciji f, nakon čega se, koristeći relaciju (3-2), dobiva vrijednosti otpora trošila R.

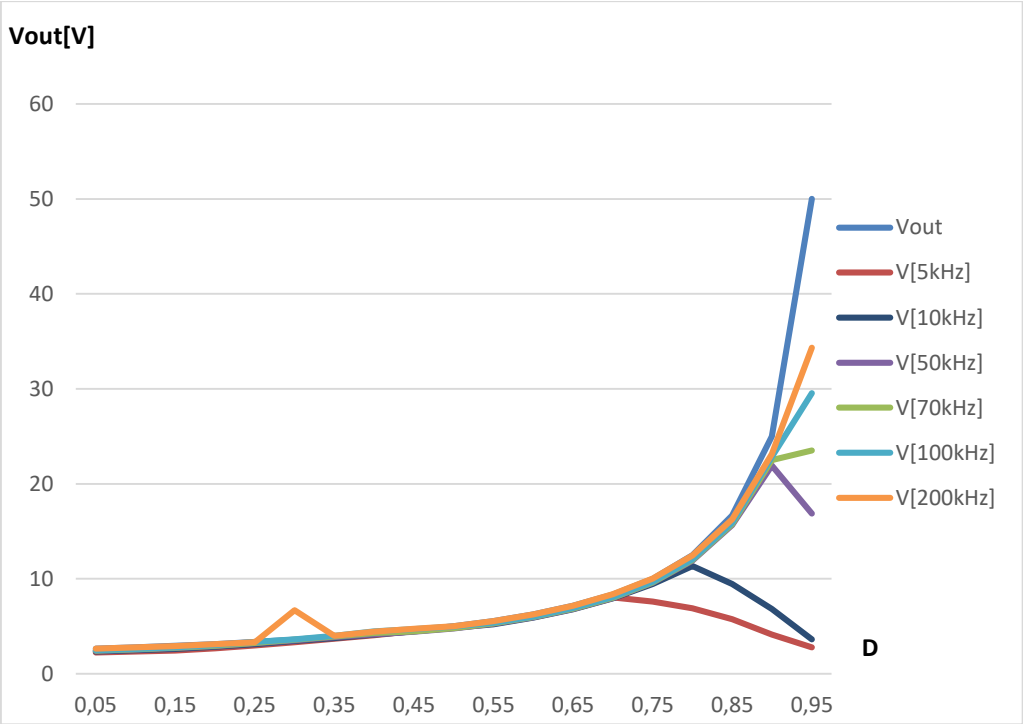
Tablica 3.1.4: *Izračun vrijednosti otpora pri različitim vrijednostima frekvencija*

L [H]	f [Hz]	Ts [s]	K	R [Ω]
1,000E-04	5,000E+03	2,000E-04	0,125	8,000
1,000E-04	1,000E+04	1,000E-04	0,125	16,000
1,000E-04	5,000E+04	2,000E-05	0,125	80,000
1,000E-04	7,000E+04	1,429E-05	0,125	112,000
1,000E-04	1,000E+05	1,000E-05	0,125	160,000
1,000E-04	2,000E+05	5,000E-06	0,125	320,000

Iz tablice je vidljivo da se vrijednost otpora trošila R povećava kako se povećava frekvencija, odnosno da vrijednost otpora trošila R raste skraćivanjem perioda titranja.

Tablica 3.1.5: *Vrijednosti izlaznog napona dobivenog simulacijom na određenim frekvencijama za sve razine duty cycle-a i ulazni napon 2,5V.*

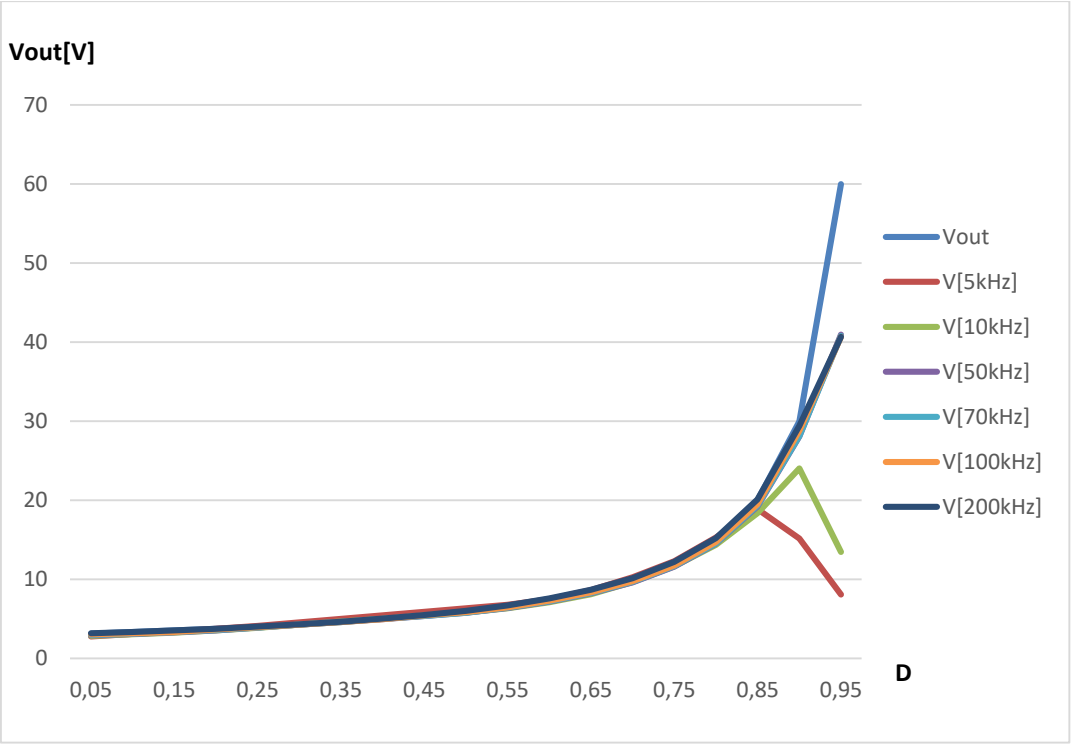
Vin[V]	D	Vout [izračun]	V[5kHz]	V[10kHz]	V[50kHz]	V[70kHz]	V[100kHz]	V[200kHz]
2,5	0,05	2,631578947	2,24	2,324	2,409	2,433	2,474	2,651
2,5	0,10	2,777777778	2,33	2,456	2,551	2,573	2,61	2,771
2,5	0,15	2,941176471	2,451	2,611	2,711	2,734	2,769	2,922
2,5	0,20	3,125	2,678	2,842	2,924	2,951	3,009	3,117
2,5	0,25	3,333333333	2,975	3,126	3,223	3,261	3,332	3,326
2,5	0,30	3,571428571	3,305	3,439	3,531	3,595	3,617	6,68
2,5	0,35	3,846153846	3,684	3,762	3,847	3,937	3,972	3,984
2,5	0,40	4,166666667	4,063	4,11	4,147	4,299	4,444	4,434
2,5	0,45	4,545454545	4,502	4,461	4,442	4,456	4,686	4,719
2,5	0,50	5	4,942	4,842	4,767	4,786	4,954	4,99
2,5	0,55	5,555555556	5,381	5,218	5,27	5,299	5,362	5,543
2,5	0,60	6,25	6,045	5,914	5,946	5,978	6,023	6,253
2,5	0,65	7,142857143	7,025	6,786	6,814	6,848	6,907	7,162
2,5	0,70	8,333333333	8,028	7,924	7,963	8,004	8,07	8,366
2,5	0,75	10	7,61	9,435	9,57	9,605	9,681	10,027
2,5	0,80	12,5	6,89	11,35	11,9	11,977	12,056	12,466
2,5	0,85	16,66666667	5,737	9.438	15,649	15,747	15,879	16,27
2,5	0,90	25	4,14	6,834	21,92	22,499	22,839	23,14
2,5	0,95	50	2,785	3,601	16,874	23,516	29,531	34,337



Slika 3.3: *Graf vrijednosti izlaznog napona dobivenog simulacijom na određenim frekvencijama za sve razine duty cycle-a i ulazni napon 2,5V.*

Tablica 3.1.6*: Vrijednosti izlaznog napona dobivenog simulacijom na određenim frekvencijama za sve razine duty cycle-a i ulazni napon 3V.*

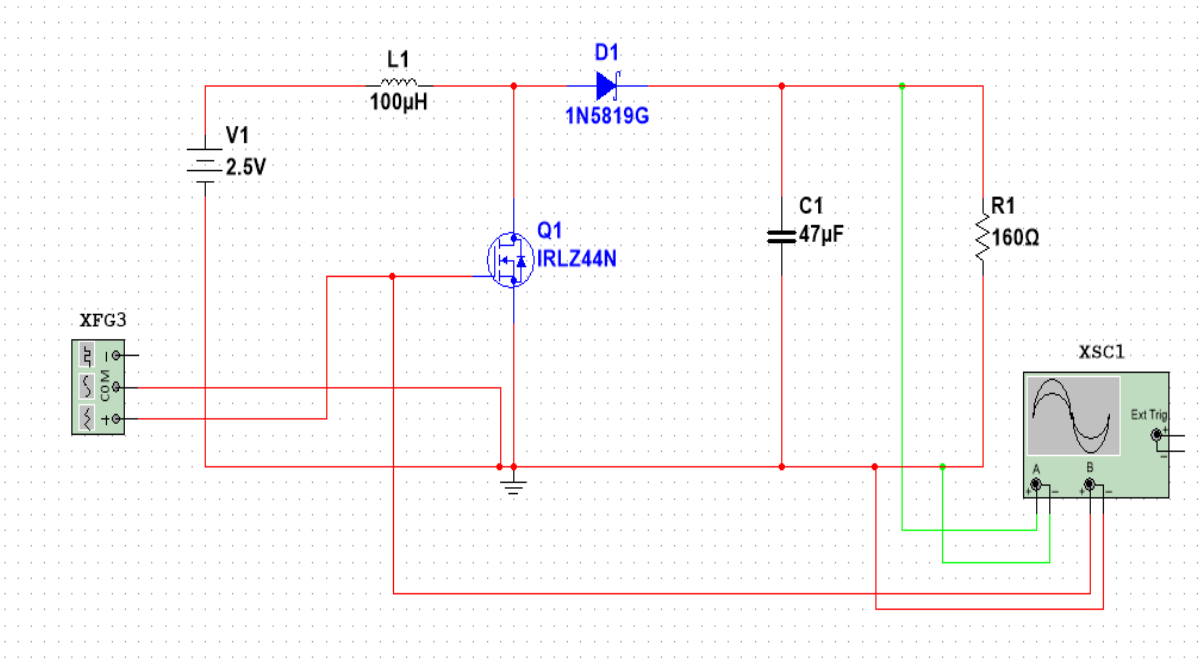
Vin[3]	D	Vout[izračun]	V[5kHz]	V[10kHz]	V[50kHz]	V[70kHz]	V[100kHz]	V[200kHz]
3	0,05	3,157894737	2,782	2,863	2,933	2,96	3,05	3,2
3	0,10	3,333333333	3,115	3,06	3,105	3,13	3,17	3,35
3	0,15	3,529411765	3,364	3,254	3,295	3,323	3,362	3,533
3	0,20	3,75	3,742	3,554	3,554	3,568	3,655	3,756
3	0,25	4	4,108	3,868	3,906	3,915	3,934	4,02
3	0,30	4,285714286	4,566	4,288	4,265	4,271	4,274	4,314
3	0,35	4,615384615	5,014	4,678	4,645	4,615	4,606	4,65
3	0,40	5	5,434	4,987	4,951	4,998	4,97	5,04
3	0,45	5,454545455	5,881	5,401	5,354	5,363	5,429	5,476
3	0,50	6	6,327	5,832	5,759	5,785	5,864	6,033
3	0,55	6,666666667	6,774	6,346	6,385	6,422	6,474	6,721
3	0,60	7,5	7,474	7,121	7,185	7,245	7,3	7,583
3	0,65	8,571428571	8,658	8,139	8,233	8,301	8,366	8,69
3	0,70	10	10,256	9,657	9,627	9,707	9,789	10,163
3	0,75	12	12,303	11,635	11,606	11,675	11,749	12,21
3	0,80	15	15,298	14,348	14,506	14,543	14,716	15,221
3	0,85	20	18,89	18,373	19,231	19,333	19,5	20,096
3	0,90	30	15,15	24,025	28,074	28,124	28,807	29,416
3	0,95	60	8,075	13,457	40,957	40,81	40,695	40,662



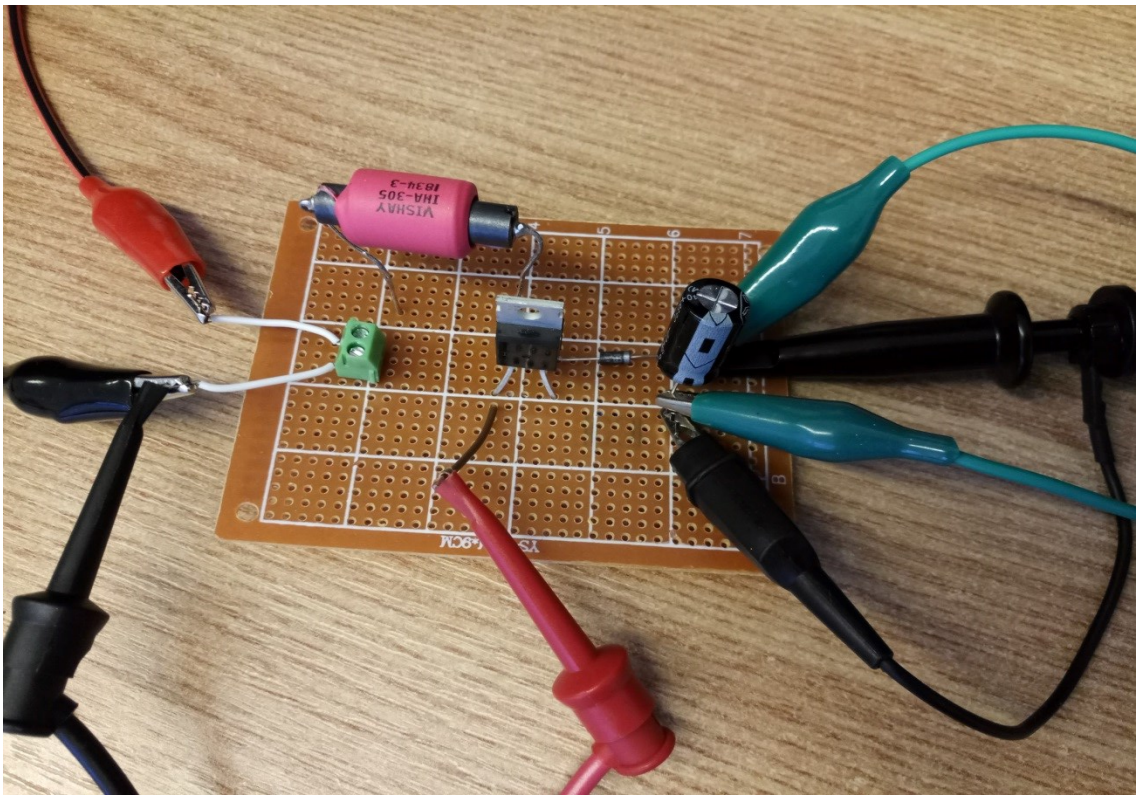
Slika 3.4: *Graf vrijednosti izlaznog napona dobivenog simulacijom na određenim frekvencijama za sve razine duty cycle-a i ulazni napon 3V.*

4. MJERENJA

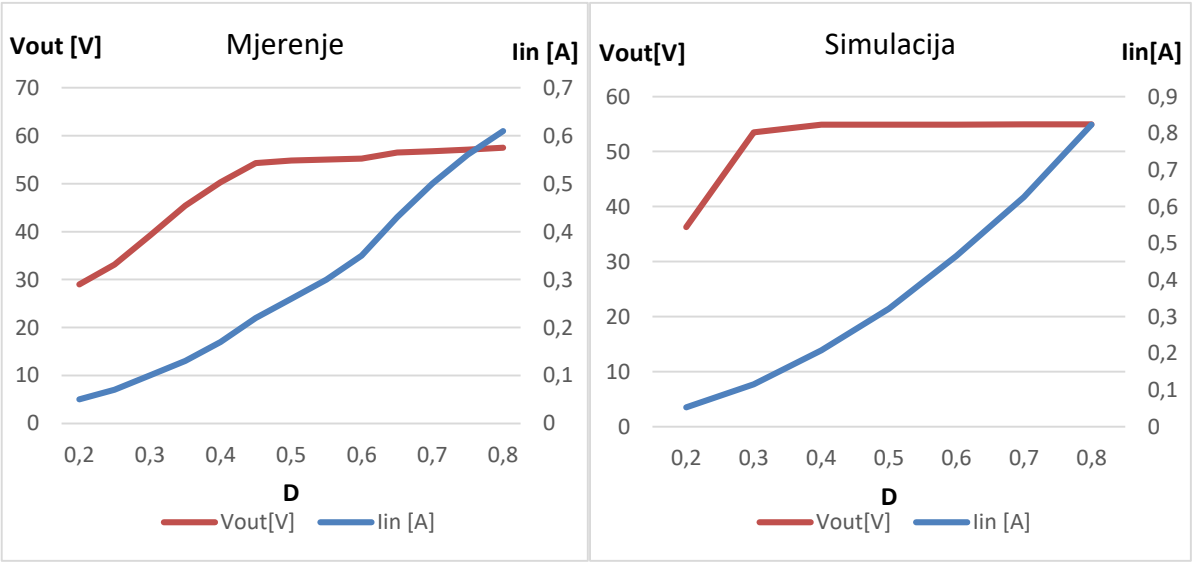
Nakon što je odrađena simulacija i izračun potrebnih vrijednosti na fakultetu su napravljena mjerenja. Iz rezultata se vidi da se vrijednosti izračuna i simulacije podudaraju, a tako i rezultati mjerenja za vrijednosti otpora trošila za određene frekvencije. Problem je predstavljalo što se na ulazu dobiju više vrijednosti ulazne struje, jer je potrebno imati što manju struju zbog žetve energije. Kako bi smanjili ulaznu struju na izlazu sklopa je postavljena vrijednost otpora trošila R od 10kΩ na kojem su provedena sva mjerenja.



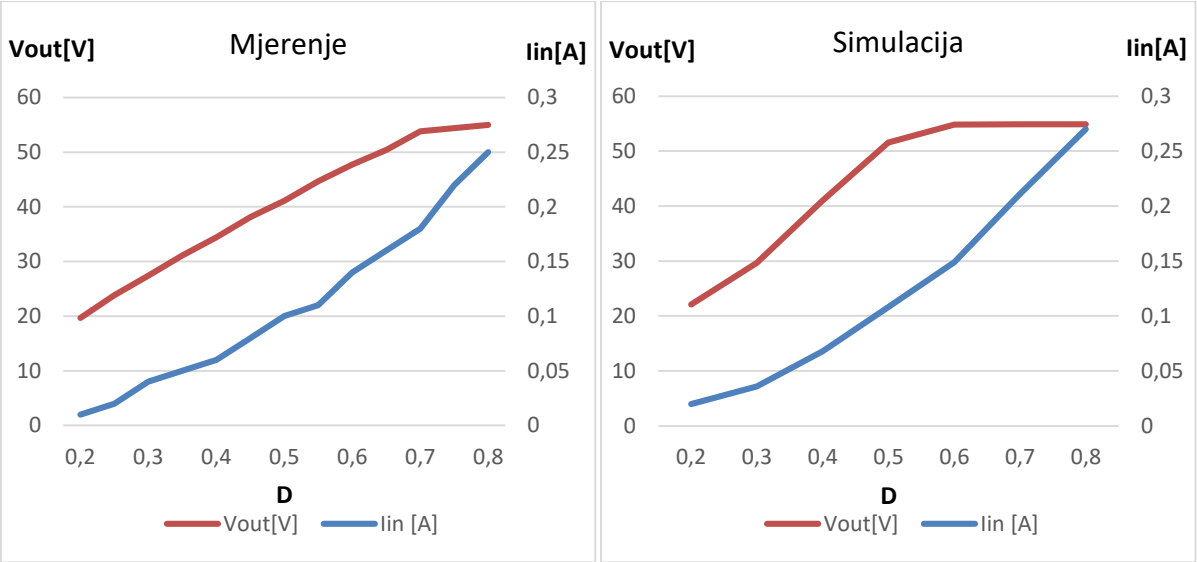
***Slika 4.1**: Mjerna shema uzlaznog istosmjernog pretvarača napona*



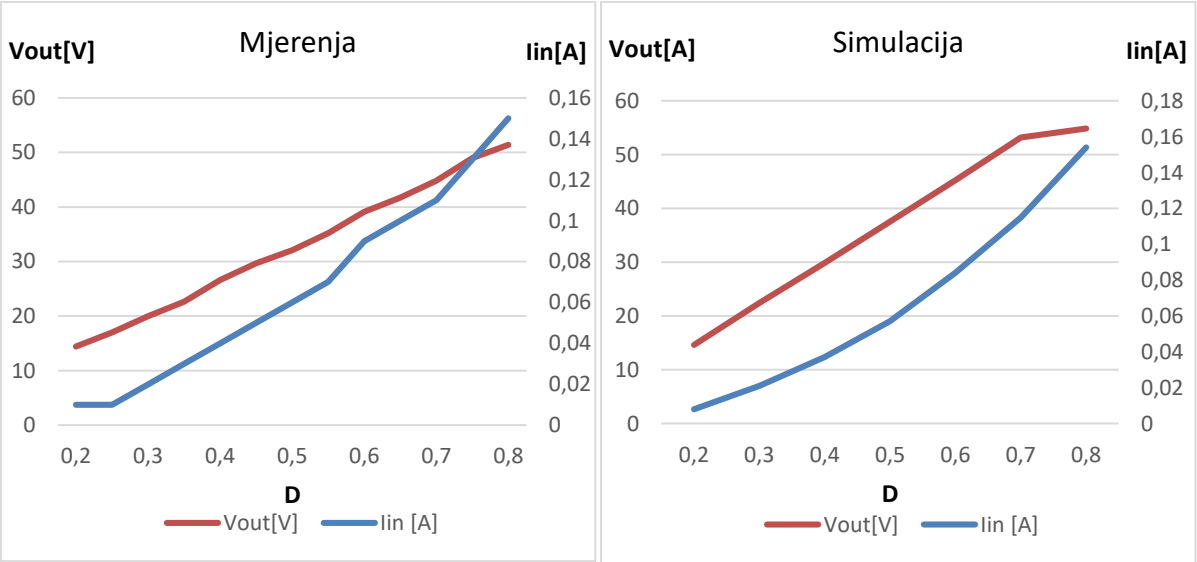
***Slika 4.2**: Mjerni postav uzlaznog istosmjernog pretvarača napona*



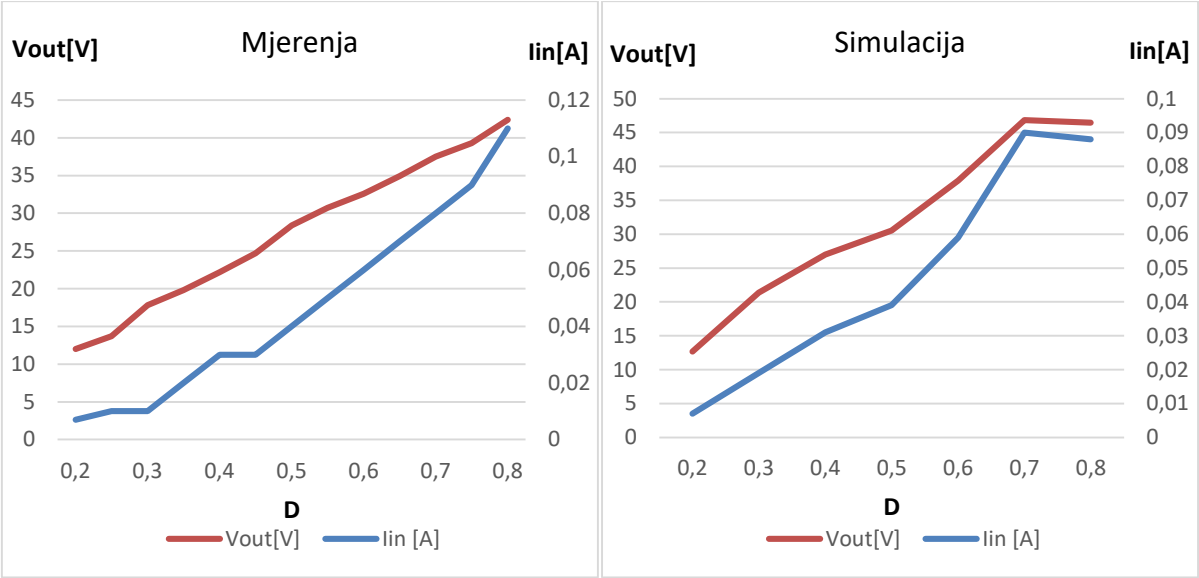
***Slika 4.3:** Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 10kHz*



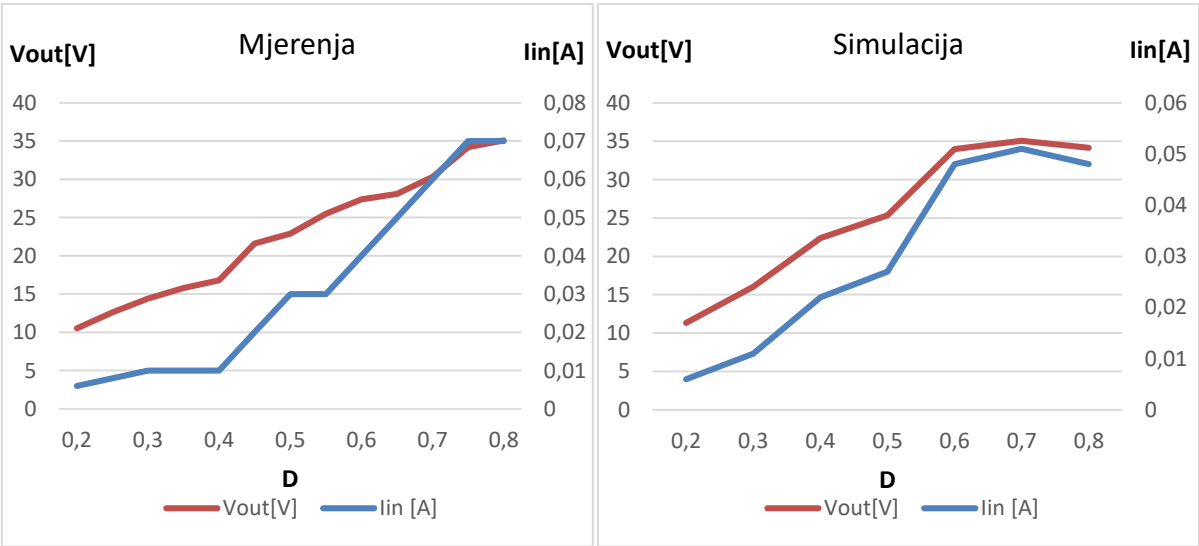
Slika 4.4: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 30kHz*



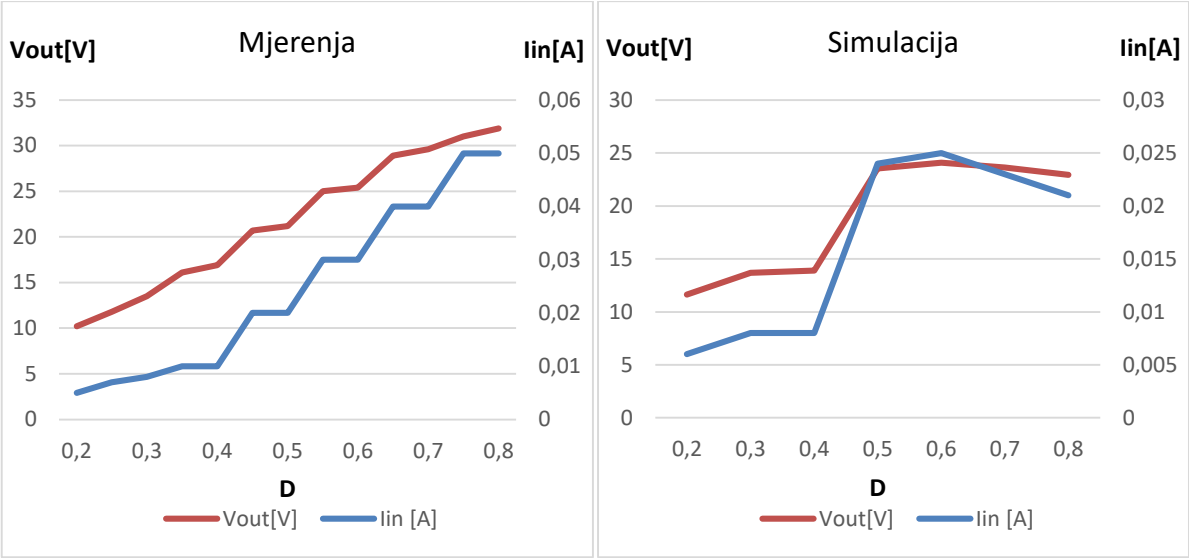
Slika 4.5: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 50kHz*



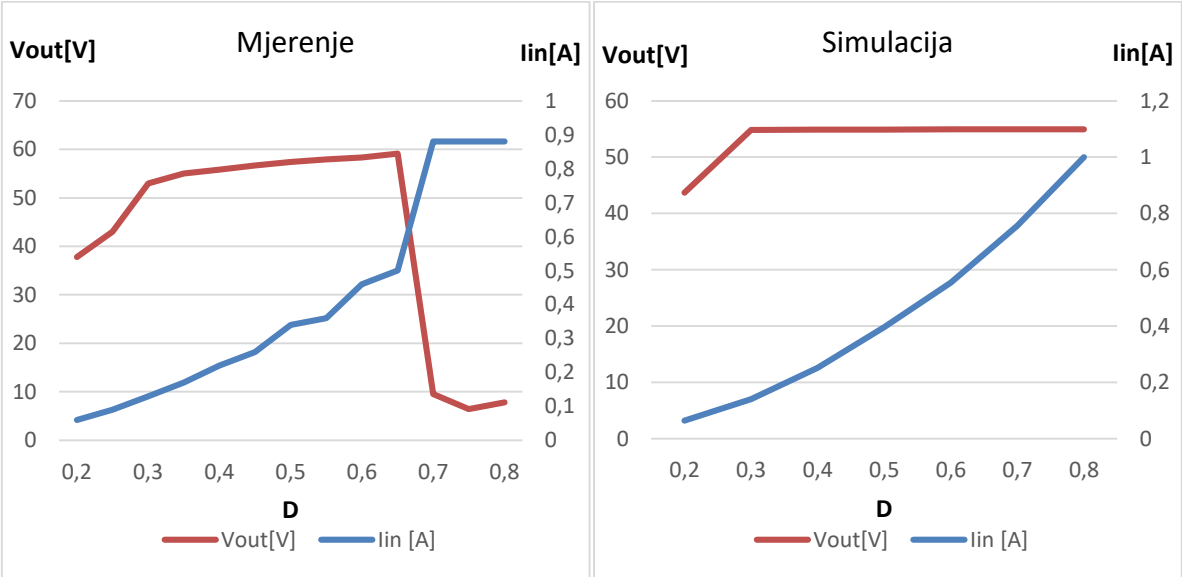
Slika 4.6: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 70kHz*



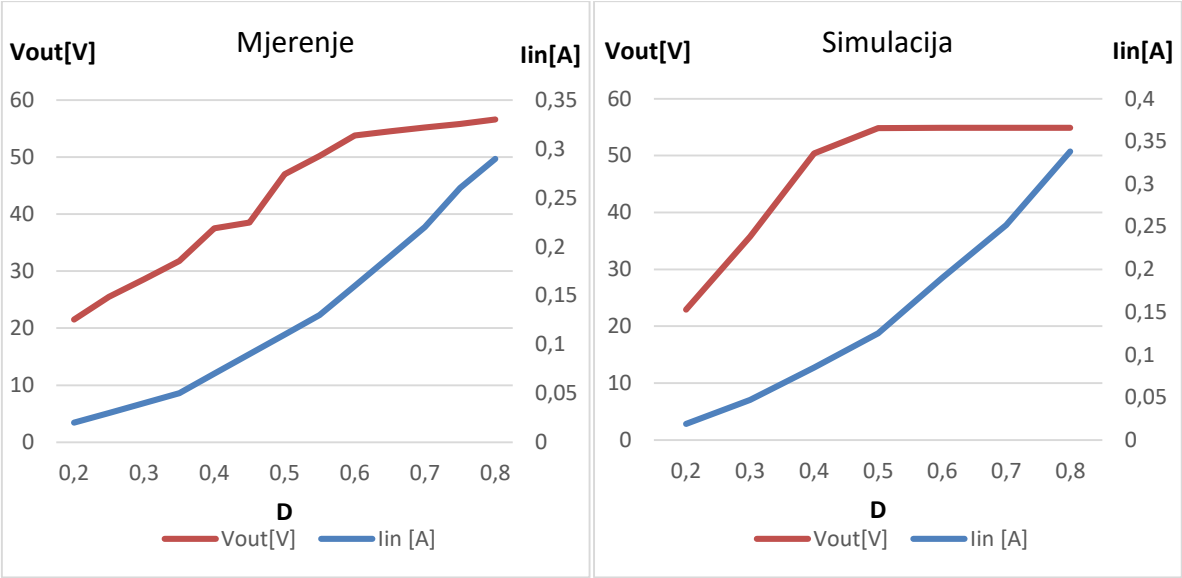
Slika 4.7: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 100kHz*



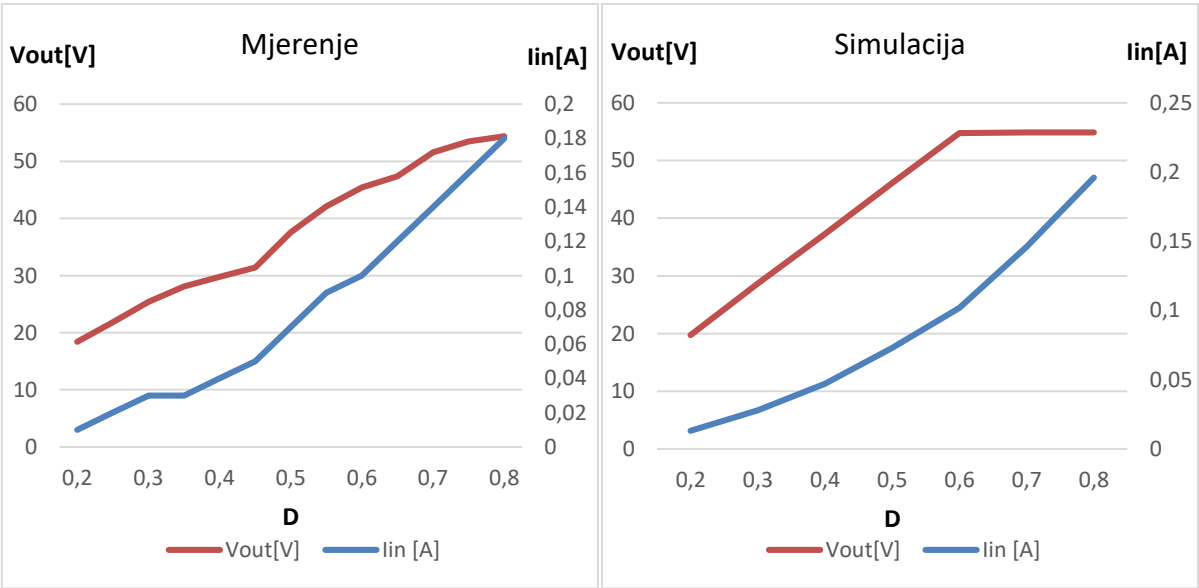
Slika 4.8: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 150kHz*



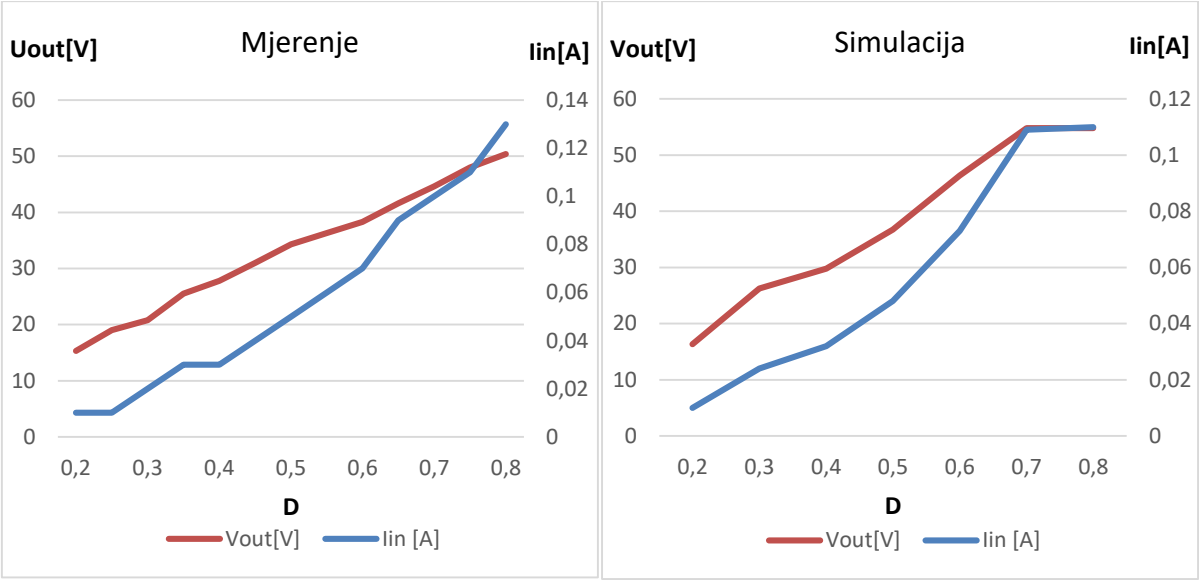
Slika 4.9: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 10kHz*



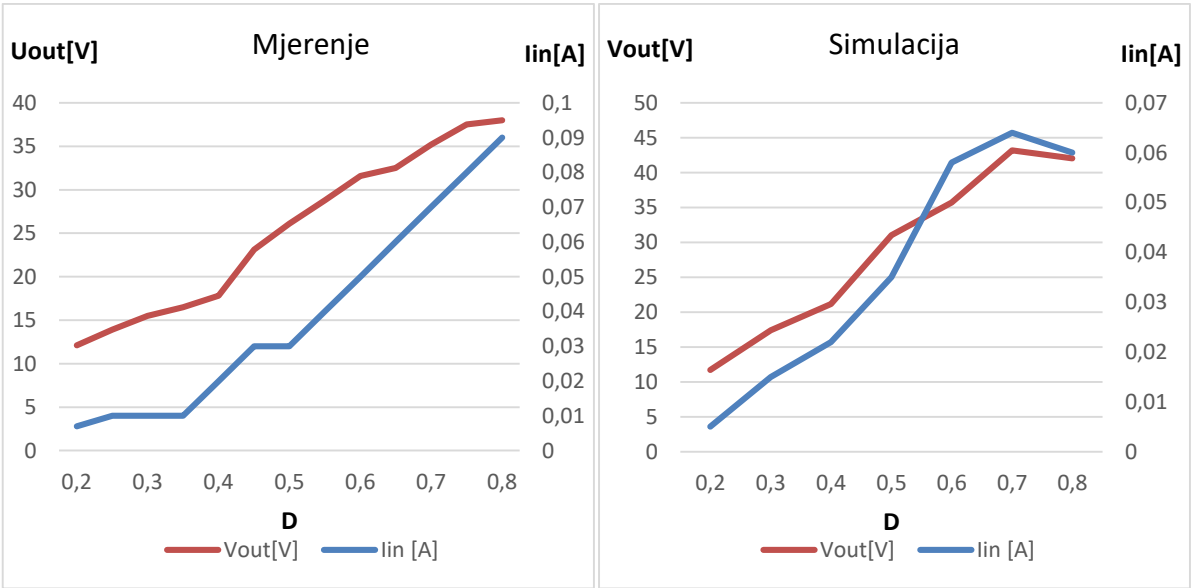
Slika 4.10: *Usporedba dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 30kHz vrijednosti Vout i Iin*



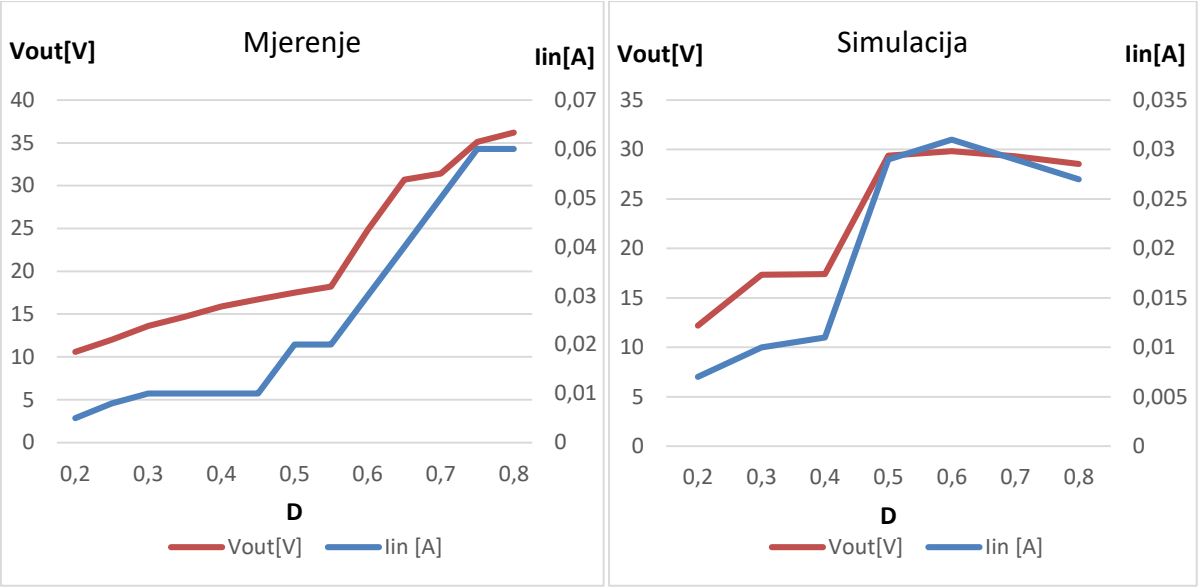
Slika 4.11: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 50kHz*



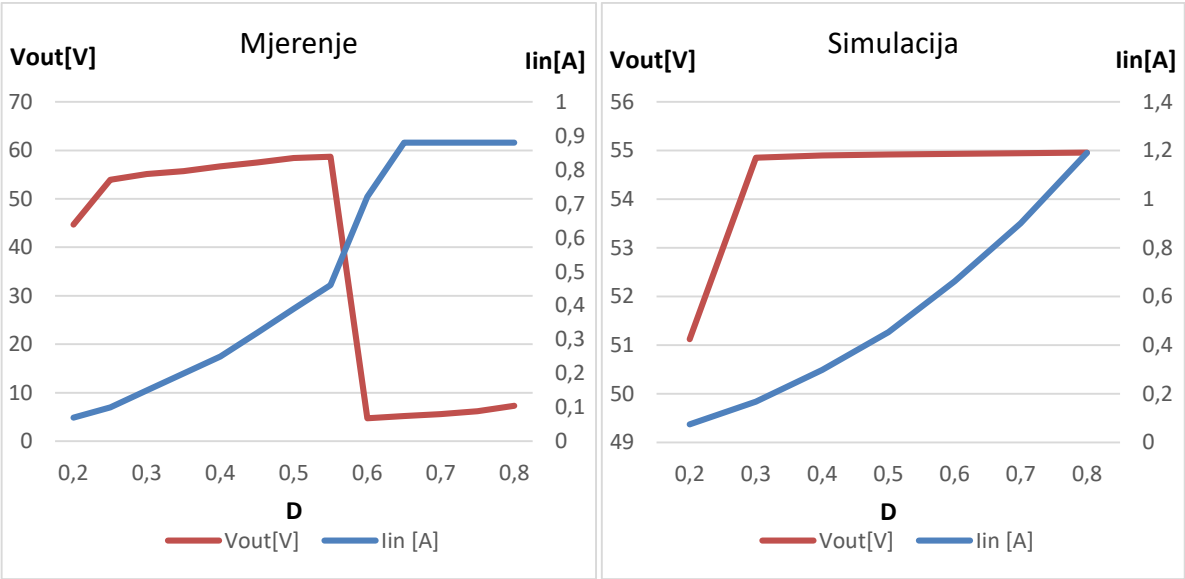
Slika 4.12: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 70kHz*



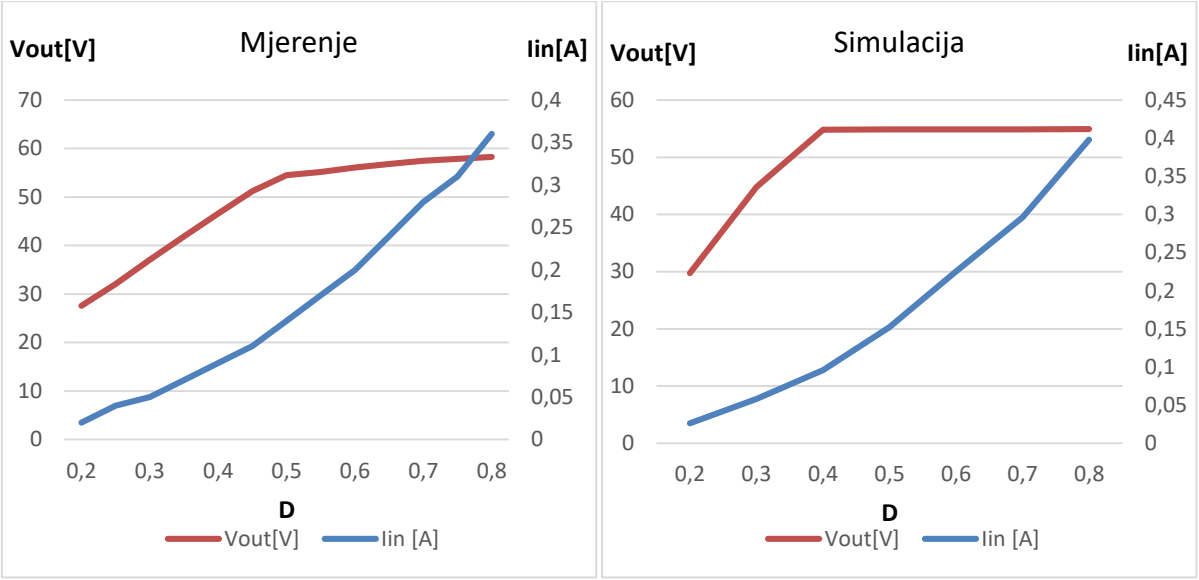
Slika 4.13: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 100kHz*



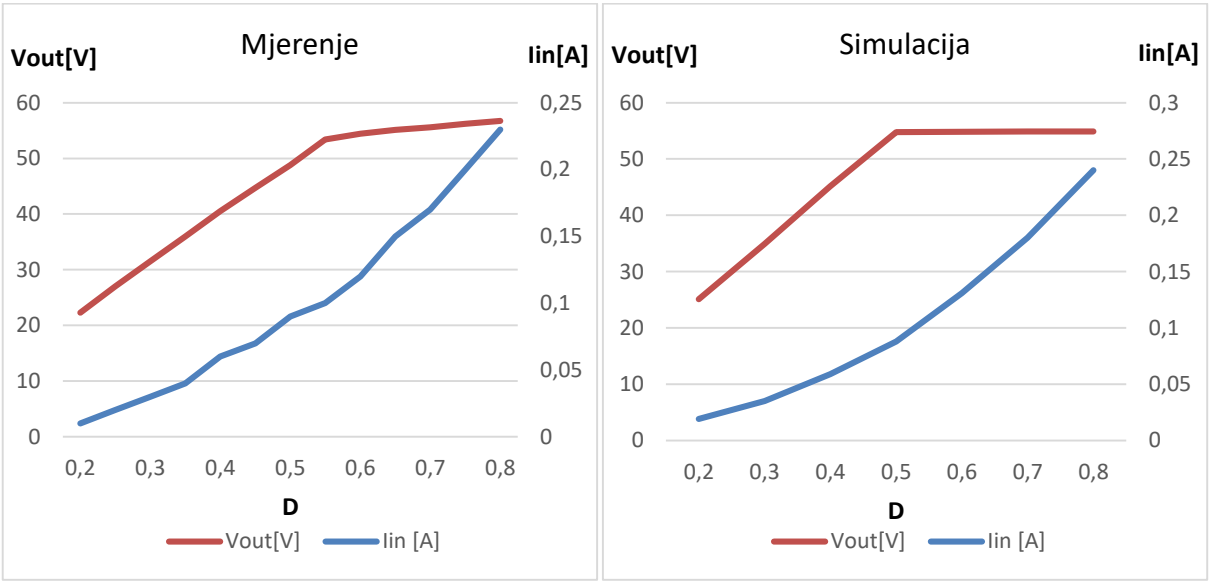
Slika 4.14: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 150kHz*



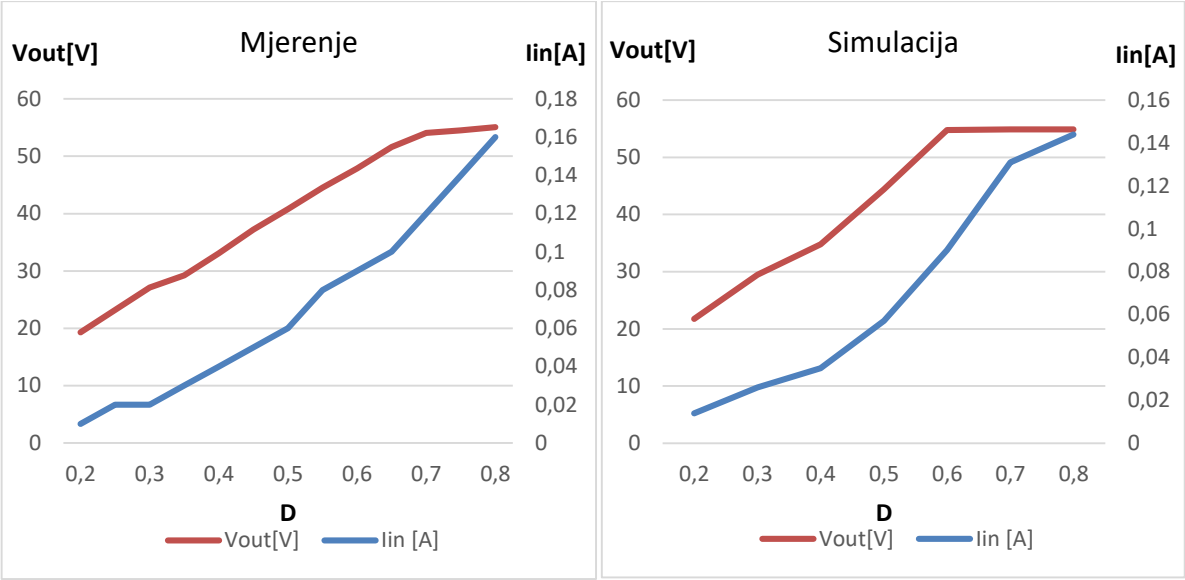
Slika 4.15: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 10kHz*



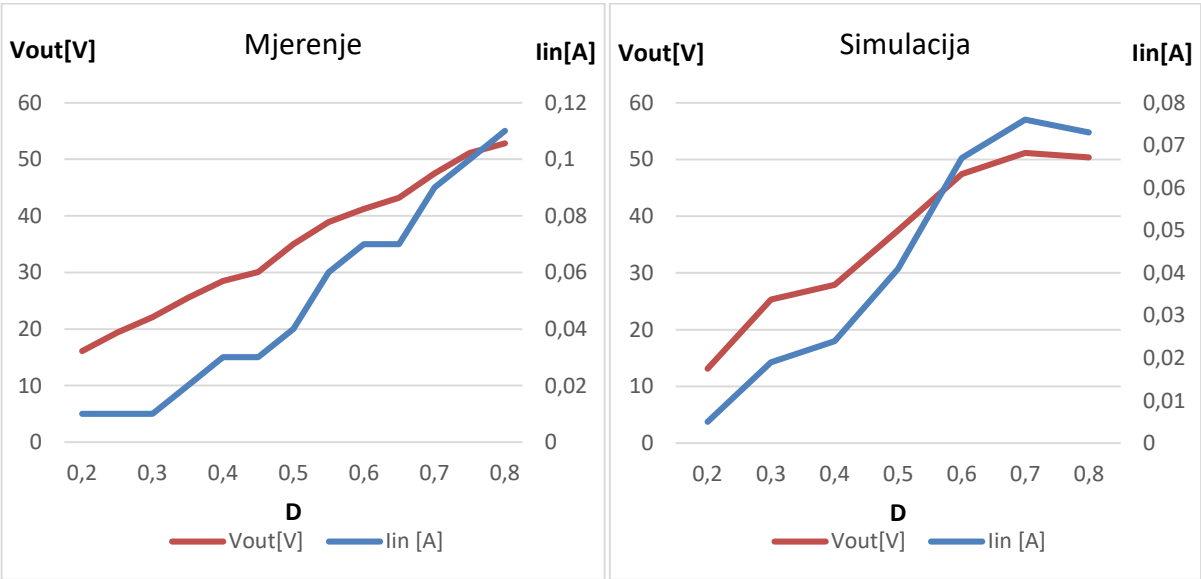
Slika 4.16: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 30kHz*



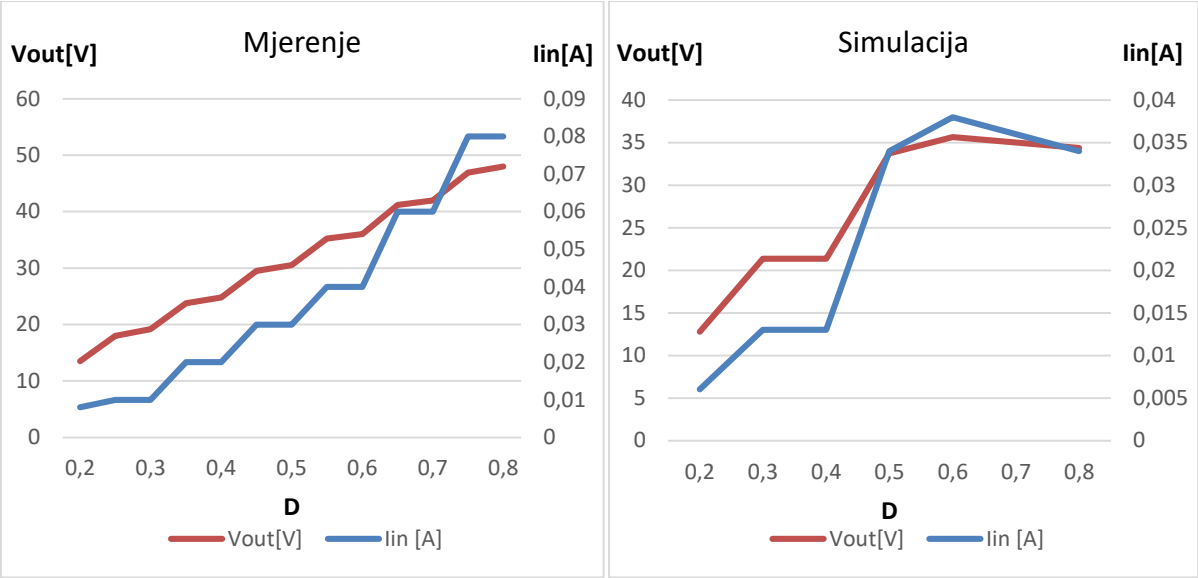
Slika 4.17: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 50kHz*



Slika 4.18: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 70kHz*



Slika 4.19: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 100kHz*



Slika 4.20: *Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 150kHz*

5. ZAKLJUČAK

Uzlazni istosmjerni pretvarači za sustav žetve energije služe za pojačavanje napona dobivenog prirodnim putem. Koristi se kao izvor energije na mjestima gdje nema mreže ili na mjestima koja nisu dostupna, a gdje nije učinkovito instalirati solarne ploče ili vjetroturbine. Koristi se za većinu bežičnih aplikacija, senzora, ugrađenih uređaja i daljinska mjerenja. Žetva energije zamjenjuje baterije na mjestima koja su udaljena, nepraktična ili opasna, a također se mogu zanemariti gubici prijenosa energije, jer se energija koristi na izvoru.

Istosmjernim pretvaračima izravno skaliramo veličine napona odnosno struja istosmjernih izvora na odgovarajuću veličinu istosmjernih trošila. Rad ulaznih pretvarača zasniva se na akumuliranju energije u induktivitetu i prosljeđivanja povećanog napona trošilu koje se sastoji od serijskog zbroja izvora i induciranog napona induktiviteta.

Prema shemi je izrađen sklop, napravljeni su izračuni i simulacije te su provedena mjerenja. Kod izrade uzlaznog istosmjernog pretvarača pri izračunu vrijednosti potrebnih komponenti bilo je potrebno voditi računa da vrijednost ulazne struje odnosno napona bude što manja, jer se radi o žetvi energije. Rezultati mjerenja pokazali su očekivane rezultate, a također i simulacija gdje je bilo moguće unaprijed vidjeti kako će se sklop ponašati u stvarnosti. Vrijednosti izlaznog napona povećavaju se kako se povećava razina duty cycle-a, međutim pri višim frekvencijama je povećanje izlaznog napona manje.

LITERATURA

[1] Ivan Flegar: „Elektronički energetski pretvarači“, Zagreb, 2010.

[2] dr. sc. Igor Petrović: „Elektromehanički i elektronički pretvarači: Zbirka riješenih zadataka“, Bjelovar, 2015.

[3] http://www.ti.com/lit/an/slva061/slva061.pdf

[4] https://hr.electronics-council.com/how-why-energy-harvesting-51111

SAŽETAK

Cilj ovog rada je razvoj, analiza i primjena uzlaznog istosmjernog pretvarača napona u sustavu žetve energije. Opisan je način rada uzlaznog istosmjernog pretvarača napona i provedena su mjerenja za različite vrijednosti ulaznog napona na određenim frekvencijama uz promjenu duty cycle-a. Iz mjerenja se može vidjeti kako se povećanjem razine duty cycle-a povećava se i izlazni napon, a pri većim vrijednostima frekencije dobivamo manje pojačanje izlaznog napona. Usporedbom rezultata mjerenja i simulacije na grafovima se vidi da su rezultati u skladu sa očekivanim rezultatima simulacije i izračuna.

Ključne riječi: uzlazni istosmjerni pretvarač, žetva energije, duty cycle

ABSTRACT

The aim of this paper is development, analysis and application of DC-DC boost converter in energy harvest systems. Operating mode of DC-DC boost converter is described and measurements are made for different input voltage values on selected frequencies with changes in duty cycle levels. Measurements show that by increasing duty cycle levels output voltage is increasing and at higher frequencies level of output voltage increase is lower. By graphicaly comparing measurements and simulations results it is shown that the results are within expectations for simulations and calculations.

Key words: DC-DC boost converter, energy harvest, duty cycle

ŽIVOTOPIS

Rođen sam 10. kolovoza 1994. godine u Slavonskom Brodu. U Županji završavam osnovnu školu Ivana Kozarca, nakon čega upisujem Tehničku školu u Županji, smjer Elektrotehničar.

Završetkom srednjoškolskog obrazovanja upisujem preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku, te se nakon prve godine opredjeljujem za smjer Komunikacije i informatika. 2016. godine stječem titulu univ.bacc.ing.el. obranom završnog rada na temu „Dizajn 3D prijemnika u sustavu bežičnog prijenosa energije“.
Potom upisujem sveučilišni diplomski studij također na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku, sadašnjem FERIT-u, izborni blok Komunikacijske tehnologije. Trenutno sam apsolvent, te mi je preostala još izrada diplomskog rada.

Od travnja do listopada 2018. godine pohađao sam i uspješno završio edukacijski program PHP programiranja na Učilištu Edunova.

Od početka listopada 2018. godine radim preko Studentskog servisa u poduzeću Ericsson Nikola Tesla Servisi d.o.o. na poslovima dokumentacije i geodezije na terenu.

U Osijeku, rujan 2019. Ivan Vinković

_____

(Vlastoručni potpis)

Popis slika

Slika 3.1: Shema sklopa 5
Slika 3.2: Graf ovisnosti izlaznog napona o duty cycle-u dobivenog izračunom za ulazni napone 2,5V, 3V i 3,5V. 9
Slika 3.3: Graf vrijednosti izlaznog napona dobivenog simulacijom na određenim frekvencijama za sve razine duty cycle-a i ulazni napon 2,5V. 11
Slika 3.4: Graf vrijednosti izlaznog napona dobivenog simulacijom na određenim frekvencijama za sve razine duty cycle-a i ulazni napon 3V. 12
Slika 4.1: Mjerna shema uzlaznog istosmjernog pretvarača napona 13
Slika 4.2: Mjerni postav uzlaznog istosmjernog pretvarača napona 14
Slika 4.3: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 10kHz 14
Slika 4.4: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 30kHz 15
Slika 4.5: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 50kHz 15
Slika 4.6: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 70kHz 16
Slika 4.7: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 100kHz 16
Slika 4.8: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 2,5V na frekvenciji 150kHz 17
Slika 4.9: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 10kHz 17
Slika 4.10: Usporedba dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 30kHz vrijednosti Vout i Iin 18
Slika 4.11: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 50kHz 18
Slika 4.12: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 70kHz 19
Slika 4.13: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 100kHz 19
Slika 4.14: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3V na frekvenciji 150kHz 20
Slika 4.15: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 10kHz 20
Slika 4.16: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 30kHz 21
Slika 4.17: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 50kHz 21
Slika 4.18: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 70kHz 22
Slika 4.19: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 100kHz 22

Slika 4.20: Usporedba vrijednosti Vout i Iin dobivenih mjerenjima i simulacijom za ulazni napon 3,5V na frekvenciji 150kHz 23

Popis tablica

Tablica 3.1.1: Izračun vrijednosti izlaznog napona za različite razine duty cycle-a pri vrijednosti ulaznog napona 2,5V 7
Tablica 3.1.2: Izračun vrijednosti izlaznog napona za različite razine duty cycle-a pri vrijednosti ulaznog napona 3V 8
Tablica 3.1.3: Izračun vrijednosti izlaznog napona za različite razine duty cycle-a pri vrijednosti ulaznog napona 3,5V 8
Tablica 3.1.4: Izračun vrijednosti otpora pri različitim vrijednostima frekvencija 9
Tablica 3.1.5: Vrijednosti izlaznog napona dobivenog simulacijom na određenim frekvencijama za sve razine duty cycle-a i ulazni napon 2,5V. 10
Tablica 3.1.6: Vrijednosti izlaznog napona dobivenog simulacijom na određenim frekvencijama za sve razine duty cycle-a i ulazni napon 3V. 11