

Tehnike rekonstrukcije faznih struja u pogonu sa šantom u jednosmernom međukolu invertora

Vladimir Popović, Marko Gecić, Đura Oros, Darko Marčetić

Fakultet tehničkih nauka

Novi Sad, Srbija

popovicv@uns.ac.rs, gecicm@uns.ac.rs, orosd@uns.ac.rs, darmar@uns.ac.rs

Sadržaj— U ovom radu predložen je algoritam koji služi za preciznu rekonstrukciju faznih struja asinhronne mašine (AM) na osnovu detektovanih signala sa strujnog šant otpornika u jednosmernom međukolu invertora. Opisani algoritam je baziran na specijalnom obliku sinusne modulacije koji je prilagođen potrebi rekonstrukcije faznih struja pri malim naponima. Predloženi algoritam je upoređen sa klasičnim algoritmom zasnovanim na dobro poznatoj modulaciji prostornim vektorima. Izvršena je eksperimentalna evaluacija oba algoritama na kvalitet merenja signala faznih struja pri raznim vrednostima reference napona u otvorenoj petlji pogona asinhronne mašine (AM).

Ključne reči— modifikovana sinusna modulacija, modulacija prostornim vektorima, strujni šant

I. UVOD

Precizno merenje signala struje u digitalnim vektorski upravljanim (VU) pogonima napajanih iz naponskog izvora-invertora (eng. Voltage Source Inverter - VSI) je od ključnog značaja za postizanje visoki performansi razmatranih pogona kako u stacionarnom stanju, tako i u tranzijentnom stanju. Od tačnosti merenja struja zavisi i kvalitet rada raznih estimatora i opservera koji su osnova sve rasprostranjenijih *sensorless* pogona. Uticaj nepreciznog merenja struja, naročito prisutnog na malim brzinama može dovesti do oscilacija brzine pa čak i gubitka stabilnosti pogona, [1] i [1].

U pogonima opšte namene niskih i srednjih performansi gde je cena aplikacije ograničavajući faktor upotreba jednog šant otpornika u jednosmernom međukolu invertora se nametnula kao najpraktičnije i najčešće zastupljeno rešenje za detekciju faznih struja motora. Atraktivnost ovog senzora upravo se ogleda u preciznoj linearnoj detekciji struja u širokom propusnom opsegu spram njegove niske cene. Osnovni nedostaci ovog pristupa merenja struje su povratni uticaj na opterećenje kroz disipaciju energije na samom šantu, kao i neizolovanost merenja u odnosu na masu energetskog dela. Dodatno, uvodi se potreba za rekonstrukcijom faznih struja na osnovu signala sa šanta kojeg je potrebno barem dva puta odabirati u toku jednog ciklusa impulsno-širinske modulacije (PWM), i to samo u trenucima kada postoji signal kroz šant pri različitim aktivnim naponskim vektorima apliciranim u mašini. Dva dobijena signala odgovaraju dvema različitim faznim strujama motora na osnovu kojih se treći signal može rekonstruisati.

Mnogi autori se bave problematikom upotrebe ovakvog pristupa merenja faznih struja [3]–[10]. Postoji problem nesimultane detekcije signala i nemogućnosti rekonstrukcije ukupnog vektora fazne struje mašine u slučajevima malih indeksa modulacije i prelaska referentnog naponskog vektora iz jednog sektora u drugi. Modulacija referentnog naponskog vektora se vrši prostornim vektorima (eng. Space Vector Pulse Width Modulation–SVPWM) a zbog talasne prirode pririranja električnih signala i parazitnih kapacitivnosti i induktivnosti u okviru invertorskih modula, nameće se potreba za obezbeđivanjem minimalnog vremena trajanja aktivnih naponskih vektora u toku PWM ciklusa. U suprotnom slučaju, ukoliko aktivni naponski vektor traje kraće od minimalnog vremena potrebnog za njegovo uspostavljanje na šant otporniku ne može se jasno utvrditi relacija između vrednosti struje i signala koji je predstavlja, stoga pravilna rekonstrukcija nije moguća.

U slučajevima kada se kao strujni senzor koristi šant otpornik u jednosmernom međukolu invertora potrebno je da aktivni vektori napona traju dovoljno dugo da bi merenje bilo moguće. Vršiti se dodatna injekcija vektora takvih da se produži trajanje aktivnog naponskog vektora, a da bi srednja vrednost napona ostala ista u toku razmatranog PWM perioda, injektuje se dodatni vektor da kompenzuje dodatni vektor. Autori u [3] i [4] upravo predlažu takav pristup samo onda kada je to neophodno, pri čemu se kompenzacija vrši u sledećem PWM periodu promenom trajanja nekog drugog aktivnog naponskog vektora. To dovodi do povećane varijacije struje i buke. Autori u [5] i [6] predlažu asimetrično pomeranje signala trajno i samo onda kada je to neophodno, respektivno. Buka pogona se povećava u tom slučaju. Ukupni efekat usled nesimultanog očitavanja signala i injekcije dodatnih vektora jeste greška u obliku struje. Autori u [7] analiziraju grešku u obliku rekonstruisane struje i predlažu odabiranje četiri puta u toku PWM ciklusa da bi se eliminisala greška usled pokupljenog PWM šuma zbog nesimultanog procesa odabiranja. Međutim, predložena tehnika u slučaju nedovoljnog trajanja aktivnih naponskih vektora ne može se uspešno implementirati. Takođe, predlaže se opservacija strujnog vektora bazirana na modelima motora, ali tačnost procene u okviru ovog pristupa izrazito zavisi od tačnosti poznavanja vrednosti parametara mašine, [8], [9]. Takođe, predložena je i kombinacija pristupa asimetričnog pomeranja signala bazirana na modelu mašine čime se otklanja sistemaska greška usled već navedenih problema vezanih za šant očitavanje struje [10].

U ovom radu predložen je algoritam zasnovan na modifikovanoj sinusnoj modulaciji, specijalno namenjen za preciznu rekonstrukciju faznih struja motora na osnovu detektovanih signala sa šant otpornika pri relativno niskim naponima, tj. relativno kratkim aktivnim vektorima. Algoritam je analiziran i upoređen sa klasičnim algoritmom koji se bazira na SVPWM modulaciji, i izvršena je eksperimentalna evaluacija kvaliteta dobijenog mernog signala faznih struja pri raznim vrednostima napona statora.

II. ALGORITMI ZA REKONSTRUKCIJU STRUJA BAZIRANIH NA ŠANT OTPORNIKU

A. Klasični algoritam zasnovan na SVPWM modulaciji

Modulacija prostornim vektorima omogućava maksimalno iskorišćenje naponskih mogućnosti invertora kao i umanjenje gubitaka u invertoru i zato predstavlja najrasprostranjeniji vid PWM modulacije.

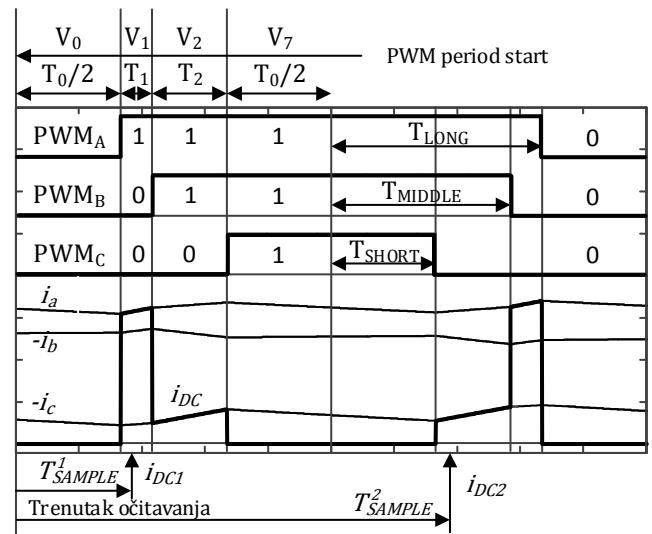
Rekonstrukcija faznih struja motora u pogonu sa jednim šantom u jednosmernom međukolu uz SVPWM modulaciju ilustrovana je na sl. 1. Ukoliko su dva trenutna aktivna vektora dovoljno dugački, klasična SVPWM modulacija omogućava čitanje dve fazne struje u jednoj PWM periodu. U zavisnosti od trenutnog sektora uvek se mere dve fazne struje, dok se treća, u tom PWM periodu nemerljiva, rekonstruiše.

Na sl. 1 prikazana je prekidačka šema za primer referentnog naponskog vektora mašine za prvi sektor gde su trenuci očitavanja šant signala u različitim poluperiodama PWM ciklusa pri različitim aktivnim naponskim vektorima. Za potrebe pravilne rekonstrukcije faznih struja motora prvi odbirak signala sa šanta se čita za vreme trajanja aktivnog vektora V_1 u trenutku T_{SAMPLE}^1 u okviru prve polovine PWM ciklusa. Slično, drugi odbirak se čita u drugoj polovini PWM ciklusa u trenutku T_{SAMPLE}^2 za vreme trajanja vektora aktivnog V_2 . U opštem slučaju, u zavisnosti od sektora u kome se referentni fazor napona mašine nalazi, vektori u okviru kojih se očitavaju odbirci struja sa šanta se ciklički smenjuju. U skladu sa tim i redosled faznih signala kojima se dodeljuju odbirci sa šanta se odgovarajuće menja. U primeru sa sl. 1 prvi odbirak odgovara struji faze a , i_a , dok drugi odbirak odgovara struji faze c u suprotnom smeru, $-i_c$.

Sl. 1 ujedno ukazuje i na dva osnovna nedostatka klasičnog pristupa rekonstrukcije faznih struja, oba usled SVPWM. Prvi nedostatak ove šeme je da je trenutak očitavanja pojedinih faznih struja definisan samom modulacijom, i menja se u zavisnosti od sektora i dužine trenutnog aktivnog vektora napona. Ovim se trenutak očitavanja jedne faze u vremenu menja relativno u odnosu na centar PWM, moduliše signal greške merene struje u odnosu na njenu srednju vrednost, i time unosi sistemsku grešku merenja na frekvenciji šest puta većoj od fundamentalne koja se ne može lako filtrirati ili korigovati.

Drugi nedostatak je nemogućnost očitavanja jedne ili obe fazne struje u slučaju relativno kratkih aktivnih naponskih vektora. U tom slučaju je neophodno korigovati šemu na sl. 1 i dodatnim faznim pomeranjem PWM pulseva proširiti aktivne vektore i omogućiti očitavanje faznih struja. Ovo situacija se menja sa sektorom, i sa amplitudom napona statora i dovodi do

trajnog pomeranja PWM pulseva u vremenu. Ovo trajno i intezivno pomeranje PWM pulseva u sve tri faze, pri relativno malim naponima, dodatno moduliše naponski signal što rezultuje u značajnim varijacijama statorske struje koji ulaze u čujni opseg i dovode do neprihvatljive buke.



Slika 1. SVPWM prekidačka šema sa očitavanjem signala sa šanta dva puta u toku PWM ciklusa u različitim poluperiodama PWM

B. Predloženi algoritam baziran na modifikovanoj sinusnoj modulaciji

U ovom radu je predložen novi algoritam za rekonstrukciju faznih struja motora koji prevazilazi probleme klasične SVPWM modulacije, izbegava buku pri malim naponima i grešku u obliku rekonstruisane struje.

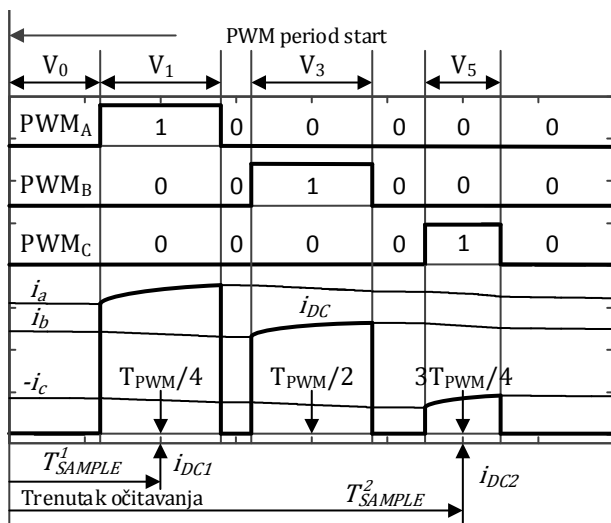
Osnovni motiv pri izradi novog algoritma je da se izbegne potreba za pomeranjem impulsa pri malim naponima, i promena trenutka odabiranja struja relativno u odnosu na centar PWM impulsa. Zato je u ovom radu i predložena nova šema za rekonstrukciju faznih struja koja ujedno donosi i novi tip PWM modulacije.

Razmatrana šema modulacije predstavlja specijalan vid sinusne modulacije sa modifikacijom u vidu dispozicije PWM signala grana invertora u odnosu na početak PWM ciklusa.

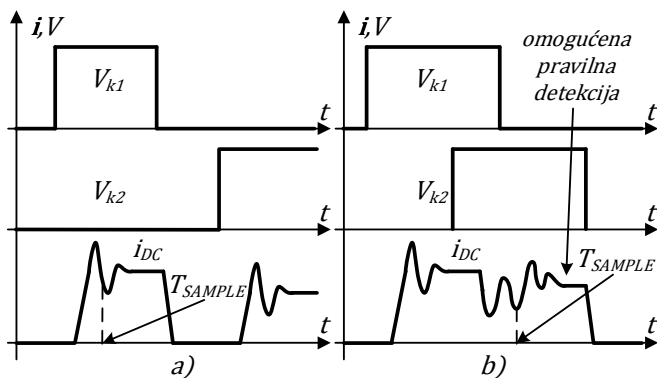
Na sl. 2 je prikazana prekidačka šema algoritma baziranog na modifikovanoj sinusnoj modulaciji. Sa implementiranim rasporedom PWM signala uz izbor trenutaka za odabiranje na sredini odgovarajućih PWM signala omogućeno je čitanje srednje vrednosti odbiraka u toku PWM ciklusa bez dodatne modifikacije prekidačke šeme čak i pri malim naponima. Posledica navedenog je da su nedostaci inherentni za klasični algoritam baziran na SVPWM prevaziđeni čime je sistemsku grešku u obliku faznih struja u slučaju korišćenja jednog šant senzora otklonjena.

Za potrebe pravilne rekonstrukcije faznih struja u ovom slučaju, prvi odbirak signala sa šanta se čita za vreme trajanja aktivnog vektora V_1 u trenutku T_{SAMPLE}^1 na sredini PWM impulsa prve grane, a . Drugi odbirak se čita na sredini PWM impulsa treće grane, c , u trenutku T_{SAMPLE}^2 za vreme trajanja aktivnog vektora V_5 . Usled prevaziđenih problema vezanih za

pomeranje PWM signala i specifične dispozicije PWM signala, razmatrani odbirci u datim trenucima odabiranja uvek odgovaraju strujama i_a i i_c . Na osnovu prethodno izmerenih vrednosti dve fazne struje, strujni signal treće faze, i_b , se rekonstruiše sa obzirom na činjenicu da je zbir tri fazne struje u zvezdištu AM jednak nuli.



Slika 2. Prekidačka šema zasnovana na modifikovanoj sinusnoj modulaciji sa očitavanjem signala sa šanta dva puta u toku PWM ciklusa



Slika 3. Problemi prilikom detekcije odbiraka, a) usled preuskog impulsa i b) usled uticaja prethodnog PWM impulsa koji se preklapa sa impulsom naredne faze, oba u slučaju modulacije velike vrednosti ref. napona

Potreba za minimalnim vremenom trajanja impulsa pojedinih faza u slučaju korišćenja jednog šant senzora uz utisnut ofset za modulaciju negativnih vrednosti napona pri datoj dispoziciji PWM signala ukazuje na osnovni nedostatak ove šeme modulacije koji je prisutan na velikim vrednostima napona.

Problem je opisan sl. 3 gde, u slučaju potrebe za modulisanjem velikih napona, dolazi do greške čitanja signala sa šanta zbog efekata mrtvog vremena i propagacije. Modulisanjem velikih negativnih napona dobija se preuzak impuls i čitanjem na njegovoj sredini, T_{SAMPLE} , rezultuje greškom u signalu fazne struje, sl. 3a). U suprotnom slučaju, veliki pozitivni naponi mogu takođe da naruše integritet merenja. Ukoliko impuls koji se preklapa sa impulsom unutar koga se detektuje odbirak utiče na razmatrano odabiranje kao

što je prikazano na sl. 3b), tada se ne može pravilno uspostaviti relacija između vrednosti fazne struje i signala koji je predstavlja što takođe rezultuje greškom u rekonstruisanom signalu fazne struje.

Upravo iz tih razloga ovaj vid modulacije je ograničen na male vrednosti napona. U slučaju potrebe za modulisanjem velikih napona potrebno je izvršiti promenu modulacije koja uključuje klasičan pristup sa SVPWM u okviru koje razmatrani problem nije prisutan.

III. EKSPERIMENTALNA POSTAVKA I REZULTATI

Eksperimentalna postavka sistema se sastoji od asinhronog motora sa podacima $195V$, $4A$, $16300o/min$, proizvođača *Whirlpool*, napajanog iz $0.8kW$, $6A$ invertorskog modula *CIPOS™ IGCM06F60GA*. Celokupan pogon je zasnovan na mikrokontroleru *MC56F8245* proizvođača u okviru koga je implementiran upravljački deo. Frekvencija PWM signala iznosi $f_{PWM} = 1/T_{PWM} = 16kHz$.

Za potrebe analize efikasnosti merenja struja AM u ovom radu izvršeni su eksperimenti na pogonu u praznom hodu u otvorenoj petlji. Implementirano je upravljanje sa mogućnošću nezavisne promene komande referentnog napona i brzine AM. Time je omogućena adekvatna analiza preciznosti merenja struje bez uticaj drugih upravljačkih struktura, npr. strujnih regulatora u okviru pogona u zatvorenoj petlji – VU. Tako rekonstruisani strujni vektor ne učestvuje u okviru algoritma upravljanja već na osnovu vrednosti komande napona i frekvencije generišu se signali potrebni za upravljanje AM.

Na sl. 4 prikazani su odzivi sve tri fazne struje AM u praznom hodu u otvorenoj petlji pri referentnom naponu $100V$ i brzini obrtanja $1320o/min$ u slučaju upotrebe oba algoritma. Referenca napona od $100V$ je svrsishodno izabrana jer pri toj vrednosti dolazi do značajne degradacije rada algoritma sa modifikovanim sinusnom modulacijom. Pojava izobličenja u rekonstruisanom talasnom obliku signala faznih struja u vidu naglih impulsa posledica je negativnih uticaja opisanih na sl. 3. Šum usled mrtvog vremena i propagacije signala na šant otporniku uzrokuje da se pojave nagli impulsi u signalu struje koji mogu ozbiljno da naštetu radu raznih estimatora i pogoršaju stabilnost rada pogona u zatvorenoj petlji, sl. 4 donji grafik. Istovremeno, u slučaju upotrebe modulacije sa SVPWM, ovaj uticaj ne postoji. Posledica toga je da za veće vrednosti napona jedino smisleno rešenje uključuje upotrebu SVPWM modulacije.

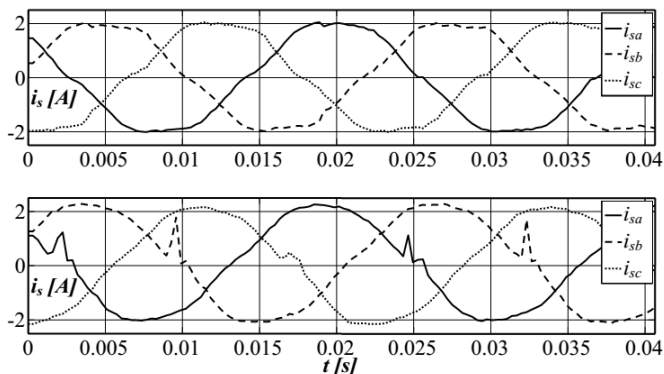
Na sl. 5 prikazani su odzivi sve tri fazne struje AM u praznom hodu u otvorenoj petlji pri referentnom naponu $62V$ i brzini obrtanja $900o/min$ u slučaju upotrebe oba algoritma opisanih u poglavlju II. Na osnovu dobijenih odziva može se zaključiti da pri razmatranom naponu oba algoritma zadržavaju prilično visoke performanse u pogledu tačnosti merenja struje. Na sl. 5, donji grafik, čak i prilikom upotrebe algoritma sa modifikovanim sinusnom modulacijom, ne uočavaju se impulsi koji su bili prisutni u signalima rekonstruisanih faznih struja za razliku od prethodnog slučaja na sl. 4, donji grafik. Razlog je manja vrednost napona statora u odnosu na prethodnu situaciju pa uticaj modulacije velikih napona prikazan na sl. 3 ne postoji. Dodatno, može se uočiti da pri upotrebi algoritma baziranog na modifikovanoj sinusnoj modulaciji ne

postoje nagle ekskurzije signala čime se poboljšava odziv merenja signala faznih struja. Buka pogona je smanjena jer ne postoji potreba za promenom modulacione šeme. Karakterističan oblik signala oko vrednosti bliskih nuli bilo koje fazne struje ukazuje na uticaj nelinearnosti invertora usled padova napona na prekidačkim komponentama invertora, koji je, u okviru razmatrane analize, od marginalnog značaja.

Međutim, osnovna prednost algoritma zasnovanog na modifikovanoj sinusnoj modulaciji u slučaju detekcije struje jednim šant otpornikom ogleda se pri niskim vrednostima referenci napona. Na sl. 6 prikazani su odzivi struje faze a AM u praznom hodu u otvorenoj petlji pri referentnom naponu 14V i brzini obrtanja 1600/min u slučaju upotrebe oba algoritma. Usled potrebe za pomeranjem komutacione šeme sve tri grane kod SVPWM algoritma, što je za male reference napona trajni problem, gotovo sve vreme prisutna dodatna injekcija naponskih vektora uzrokuje u značajnom izobličenju rekonstruisane struje, sl. 6–gornji grafik. Posledica je prisutnost značajnog udela šestog harmonika u obliku rekonstruisane struje. Robusnost i stabilnost celokupnog pogona i raznih opserversa zasnovanih na merenju struje, naročito u slučajevima VU kontrole i/ili sensorless upravljanja, se narušavaju. No, u slučaju upotrebe predloženog algoritma sa modifikovanom sinusnom modulacijom odziv merenih faznih struja se može značajno poboljšati. Na istoj sl. 6 može se uporednom analizom utvrditi da se prilikom upotrebe modifikovane sinusne modulacije mogu dobiti signali sa šanta na osnovu kojih je omogućena precizna rekonstrukcija faznih struja, čak i pri malim vrednostima napona, sl. 6 donji grafik. Eksperimentima je utvrđeno da se proces značajne degradacije u performansama između ova dva pristupa, dešava pri vrednostima reference napona manje od 20V. Odzivi pri tim vrednostima u radu nisu prikazane.

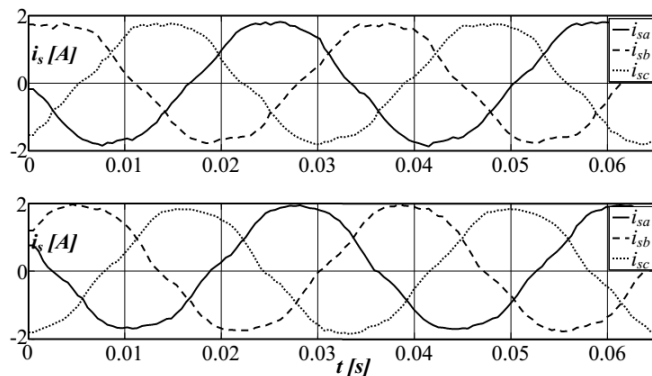
IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršena je uporedna analiza dva algoritma za merenje faznih struja AM pomoću šant otpornika u jednosmernom međukolu invertora, zasnovanih na klasičnoj SVPWM modulaciji i predloženoj modifikovanoj sinusnoj modulaciji. Utvrđeno je da oba algoritma omogućuju preciznu rekonstrukciju faznih struja za vrednosti napona između 20V i 100V. Za napone iznad 100V pokazano je da se algoritam baziran na modifikovanoj sinusnoj modulaciji ne može koristiti

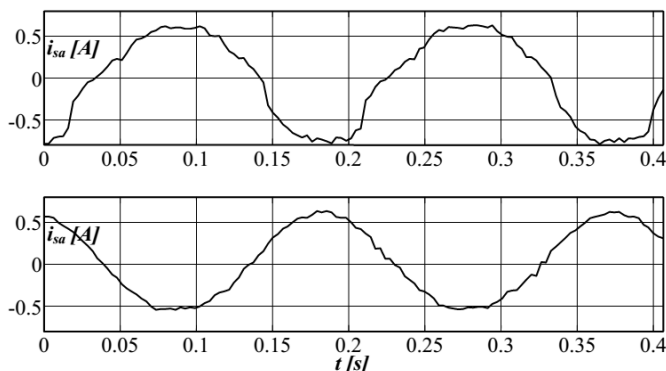


Slika 4. Odzivi faznih struja AM u praznom hodu u otvorenoj petlji za algoritam baziran na SVPWM (gornji grafik) i algoritam baziran na mo-

difikovanoj sinusnoj modulaciji (donji grafik), referenca napona 100V, brzina obrtanja rotora 13200/min



Slika 5. Odzivi faznih struja AM u praznom hodu u otvorenoj petlji za algoritam baziran na SVPWM (gornji grafik) i algoritam baziran na modifikovanoj sinusnoj modulaciji (donji grafik), referenca napona 62V, brzina obrtanja rotora 9000/min



Slika 6. Odzivi faznih struja AM u praznom hodu u otvorenoj petlji za algoritam baziran na SVPWM (gornji grafik) i algoritam baziran na modifikovanoj sinusnoj modulaciji (donji grafik), referenca napona 14V, brzina obrtanja rotora 1600/min

za potrebe precizne rekonstrukcije faznih struja AM dok se visoke performanse klasičnog pristupa koji uključuje SVPWM zadržavaju. Ispod 20V uticaj pomeranja PWM signala pojedinih faza kod klasičnog algoritma sa SVPWM se ogleda kroz značajnu degradaciju kvaliteta merenja i rekonstrukcije faznih struja. S druge strane, algoritam sa modifikovanom sinusnom modulacijom zadržava prilično visoke performanse u pogledu tačnosti merenja i buka pogona je smanjena u odnosu na algoritam sa SVPWM. Kao takav, algoritam sa modifikovanom sinusnom modulacijom izuzetno je pogodan za implementaciju u slučaju korišćenja jednog šant senzora pri malim vrednostima referenci napona.

Za potrebe preciznog merenja faznih struja u čitavom opsegu brzina i napona potrebno je u okviru upravljačkog algoritma pogona ugraditi donju naponsku marginu ispod koje kada se pređe, vrši se prebacivanje detekcije sa klasičnog SVPWM pristupa na predloženi pristup zasnovan na modifikovanoj sinusnoj modulaciji. Naponska margina je u radu utvrđena na vrednosti oko 100V.

LITERATURA

- [1] D.W. Chung, S. K. Sul and D. C. Lee, "Analysis and compensation of current measurement error in vector-controlled AC motor drives," IEEE Trans. on Ind. Applications., vol. 34, no. 2, pp. 340–345, March/April 1998.
- [2] J. Holtz, "Sensorless vector control of induction motors at very low speeds using a non linear inverter model and parameter identification," IEEE Trans. on Ind. Applications., vol. 38, no. 4, pp. 1087–1095, July/August 2002.
- [3] Y. Xue, X. Xu, T. G. Habetler and D. M. Divan, "A low cost stator flux oriented voltage source variable speed drive," IEEE Conf. IAS Annual Meeting, vol. 1, pp. 410–415, October 1990.
- [4] F. Blaabjerg, J. K. Pedersen, "A new low-cost, fully fault-protected PWM-VSI inverter with true phase-current information," IEEE Trans. on Power Electron., vol. 12, no. 1, pp. 187–197, January 1997.
- [5] W. C. Lee, T. K. Lee and D. S. Hyun, "Comparasion of single-sensor current control in the DC-link for three-phase voltage-source PWM converters," IEEE Trans. on Ind. Electron., vol 12., no. 3, pp. 491–505, Jun 2001.
- [6] G. Liu, A. Kurnia and R. D. Larminat, "Procedure for measuring the current in each phase of a three-phase PWM-VS inverters," US Patent 6735537 B2, May 2004.
- [7] F. Blaabjerg, J. K. Pedersen, U. Jaeger and P. Thøgersen, "Single current sensor technique in the DC link of three-phase PWM-VS inverter: A review and a novel solution," IEEE Trans. on Ind. Applications., vol. 33, no. 5, pp. 1241–1253, September/October 1997.
- [8] C. Zhang and F. Lin, "A single current sensor control technique for induction motors," Proc. PowerCon 2002, vol. 4, pp. 2290–2293, 2002.
- [9] T. M. Wolbank and P. E. Macheiner, "Current-controller with single DC link current measurement for inverter-fed AC machines based on an improved observer-structure," IEEE Trans. On Power Electron., vol.19, no. 6, pp. 1562–1567, November 2004.
- [10] D. P. Marčetić and E. Adžić, "Improved three-phase current reconstruction for induction motor drives with DC-link shunt," IEEE Trans. on Ind. Electron., vol. 57, no. 7, pp. 2454–2462, July 2010.

ABSTRACT

In this paper, a novel algorithm for the purposes of precise phase current reconstruction of IM based on detected signals from shunt resistor in inverter DC link was presented. Described algorithm is based on special form of sinus modulation especially adjusted for the purposes of phase current reconstruction at low voltage region. Proposed algorithm is compared to classic-al approach based modulation of space vectors. Evaluation of both algorithms is examined through appropriate experimental tests of induction motor drive in open loop mode and their performances on current sensing process are discussed.

SINGLE SHUNT BASED SENSING TECHNIQUES FOR PHASE CURRENT RECONSTRUCTION IN IM DRIVE

Vladimir Popović, Marko Gecić, Đura Oros, Darko Marčetić