

PASTOVAUS SLYDIMO ASINCHRONINIO ELEKTROS VARIKLIO ROTORIAUS
GREIČIO VALDYMO METODASMartynas Šapurov¹, Raimondas Zubavičius², Vytautas Bleizgys³

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹martynas@stagelite.lt; ²raimondusas@gmail.com; ³vytasbl@gmail.com

Santrauka. Pasiūlytas pastovaus slydimo asinchroninio elektros variklio rotoriaus greičio valdymo metodas iširtas modeliuojant, gauti rezultatai palyginti su skaliarinio valdymo metodo tyrimo rezultatais. Tyrimo rezultatai parodė, kad pastovaus slydimo asinchroninio variklio greičio valdymo metodas yra pranašesnis už skaliarinio valdymo metodą, kai valdomo variklio greitis yra nedidelis ir jo apkrova yra artima nominaliajai.

Reikšminiai žodžiai: asinchroninis variklis, rotoriaus slydimas, dažnio keitiklis, inverteris, valdymo sistema.

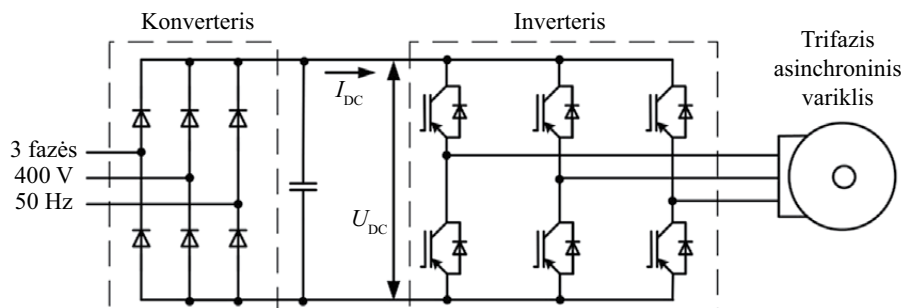
Įvadas

Asinchroninių elektros variklių rotoriaus sukimosi greitis yra valdomas keičiant maitinimo įtampos dažnį ir amplitudę. Įtaisas, skirtas asinchroninio variklio sukimosi greičiui valdyti keičiant maitinimo įtampos dažnį, vadinamas dažnio keitikliu. Struktūrinė dažnio keitiklio schema pateikiama 1 pav. Ją sudaro konverteris ir inverteris (Prasad 1997; Eriscon 1997). Konverteris pakeičia kintamąją įtampą nuolatine (išlygina), o inverteris sukuria reikiamo dažnio ir amplitudės kintamąją įtampą. Inverterį sudaro šešių IGBT tranzistorių modulis (Krein 1998). Tranzistoriai veikia raktų režimu ir komutuoja į variklio apviją nuolatine įtampą tam tikra seka. Struktūrinėje schemoje pateikiamas trijų pečių inverteris. Vieną petį sudaro du tranzistoriai, kuriais variklio apvija gali būti prijungta prie teigiamojo arba prie neigiamojo maitinimo šaltinio polių. Perjungimų seka vyksta taip, kad vienu metu būtų atviras ne daugiau nei vienas peties tranzistorius (kad neįvyktų trumpasis

jungimas), taip pat visų apvijų grandinės turi būti uždaros, t. y. bent vienas peties tranzistorius turi būti atviras (Prasad 1997).

Inverterio išėjime formuojama impulsinė įtampa su impulso pločio moduliacija (Prasad 1997). Variklio apvijos yra induktyvinio pobūdžio ir veikia kaip integratorius, todėl srovės forma yra artima sinusoidei.

Tyrimai buvo atlikti Matlab/Simulink programų paketu, remiantis inverterio valdomo erdvinio vektoriaus moduliavimo principu modeliu. Šiuo metodu generuojamai impulsinei įtampai valdyti reikalingi du parametrai: fazės kampas ir generuojamos įtampos amplitudė. Fazės kampas apibrėžia rotoriaus padėtį, visas rotoriaus apsisukimas padalijamas į tam tikrą skaičių padėčių. Kiekviena padėtis atitinka tam tikrą impulsų kombinaciją, taigi kampas nusako, kokia raktų perjungimų kombinacija turi būti įvykdoma norint rotorių pasisukti į šią padėtį.



1 pav. Dažnio keitiklio struktūrinė schema (Bleizgys 2012)

Fig. 1. The block diagram of frequency converter

Asinchroninio variklio skaliarinio valdymo stabilizuojant greitį metodo tyrimas

Signalų procesoriui, valdančiam inverterį erdvinio vektoriaus moduliacijos metodu, kiekvienu laiko momentu pateikiami du parametrai: kampas φ ir įtampos amplitudė, kurią nustato moduliacijos koeficientas m .

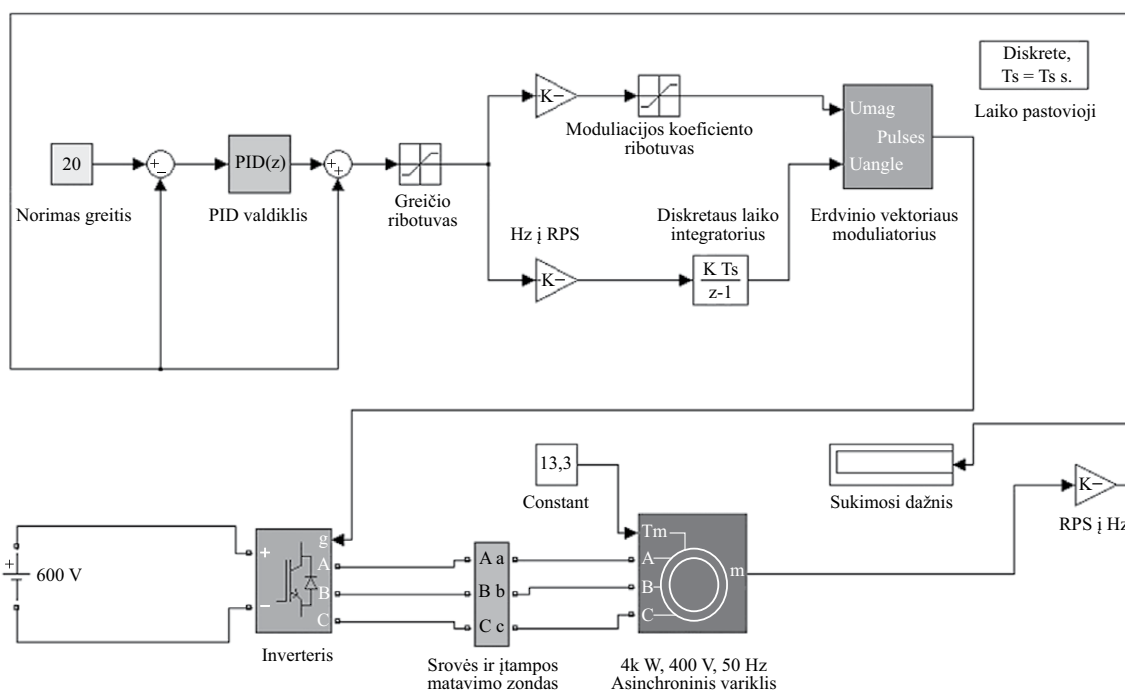
Taikant skaliarinį asinchroninio variklio valdymo metodą moduliacijos koeficiento priklausomybė nuo maitinimo įtampos dažnio yra tiesinė: 50 Hz atitinka $m = 1$, o 0 Hz – $m = 0$ (Kumar 2010).

Asinchroninio variklio skaliarinio valdymo stabilizuojant greitį metodo modelis, sudarytas Matlab/Simulink programa, pateiktas 2 pav. Pagrindinis valdymo sistemos elementas yra PID reguliatorius, palaikantis nustatytą greitį. Nustatytam greičiui apskaičiuojami m , φ , ir generuojama juos atitinkanti impulsinė įtampa. Modelyje nėra konverte-

rio, nes dažnio keitiklis yra maitinamas nuolatine įtampa. PID reguliatorius matuoja realų variklio sukimosi greitį, palygina jį su nustatytoju ir valdo formuojamos įtampos dažnį. Jis užtikrina, kad kintant variklio apkrovai rotoriaus sukimosi greitis būtų artimas nustatytam.

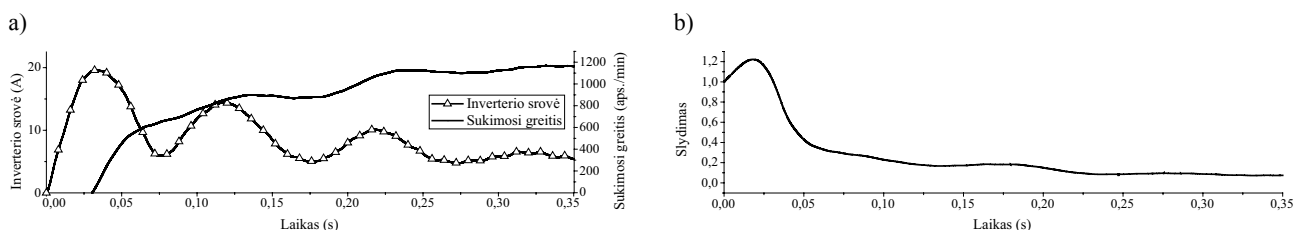
Šis metodas yra paprastas, todėl taikomas realiuose dažnio keitikliuose. Pagrindinis jo trūkumas – moduliacijos koeficiento ir dažnio santykis yra pastovus ir nėra keičiamas net esant dideliame slydimui.

Pereinamieji vyksmai, sukant nominaliai apkrauto variklio rotorių 1200 aps./min greičiu, pateikiami 3 pav. Nominalioji modeliuojamo variklio slydimo vertė yra 0,036, apkrovos – 13,3 N·m. Iš pereinamųjų vyksmų matyti, kad slydimas viršija nominalų, o tai sukelia srovės padidėjimą, todėl variklio valdymo algoritmas nėra optimalus.



2 pav. Asinchroninio variklio skaliarinio valdymo, stabilizuojant greitį, metodą realizuojantis Matlab/Simulink modelis

Fig. 2. Matlab/Simulink model of AC induction motor scalar control method with motor speed stabilization



3 pav. Skaliarinio metodu valdomo nominaliai apkrauto asinchroninio variklio rotoriaus sukimosi greičio ir statoriaus srovės (a) bei rotoriaus slydimo (b) pereinamieji vyksmai, kai sukimosi greitis – 1200 aps./min.

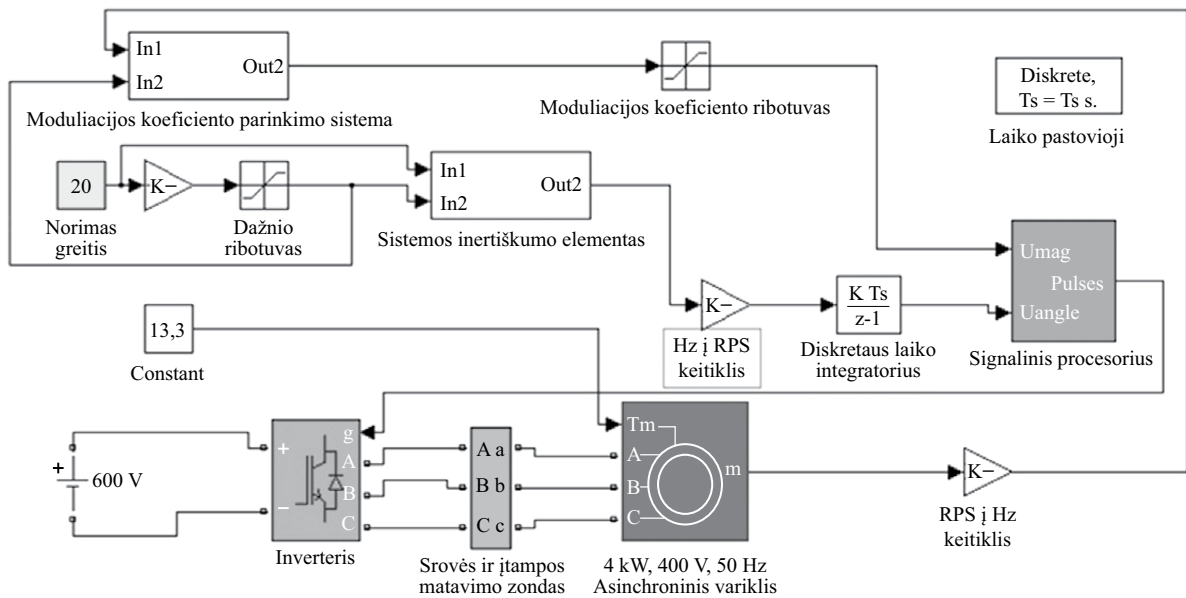
Fig. 3. Transients of AC induction motor, speed (a), stator current (a) and rotor slip (b) at nominal load and 1200 rpm speed, motor is controlled by scalar method

Asinchroninio variklio pastovaus slydimo stabilizuojant greitį valdymo metodas

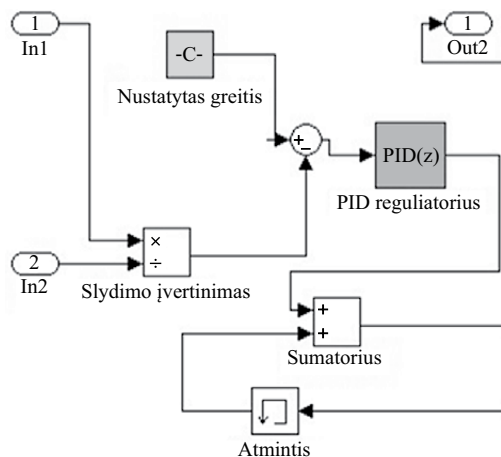
Asinchroninio variklio pastovaus slydimo stabilizuojant greitį valdymo metodo modelis, sudarytas Matlab/Simulink programa, pateiktas 4 pav. Rotoriaus pastovaus slydimo valdymo metodas iš esmės skiriasi nuo skaliarinio. Norimam variklio greičiui pasiekti, žinant jo nominaliąją slydimo vertę, apskaičiuojamas atitinkamai paaugštintas įtampos dažnis, leidžiantis kompensuoti slydimą. Slydimas, o kartu ir greitis šiame metode palaikomas pastoviu, keičiant moduliacijos koeficientą. Kai pasiekiamas nominalusis slydimas, variklio greitis yra pasiekęs nustatytą vertę. Moduliacijos koeficientas val-

domas atskiru posistemiū (5 pav.). Pagrindinis posistemio elementas yra PID reguliatorius. Moduliacijos koeficiento korekcija vyksta diskrečiaisiais laiko intervalais. Valdant asinchroninį variklį pastovaus slydimo metodu, PID reguliatorius formuoja ne moduliacijos koeficientą, o jo pokytį, kurio vertė pridėjama prie ankstesnės moduliacijos koeficiento vertės. Pradinė moduliacijos koeficiento vertė nustatoma skaliariniu metodu.

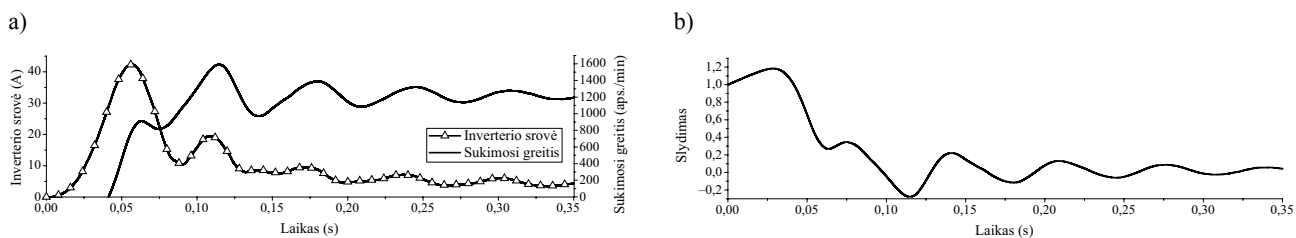
Paleidžiant variklį slydimas artimas vienetui. Neįvertinus to, valdant variklį pastovaus slydimo metodu, dar nespėjus rotoriumi įsisukti, fiksuojamas didelis slydimas ir nustatoma maksimali galima moduliacijos koeficiento vertė.



4 pav. Asinchroninio variklio pastovaus slydimo stabilizuojant greitį valdymo metodą realizuojantis Matlab/Simulink modelis
Fig. 4. Matlab/Simulink model of AC induction motor controlled by constant slip method with motor speed stabilization



5 pav. Moduliacijos koeficiento valdymo posistemis
Fig. 5. Control subsystem of modulation coefficient



6 pav. Pastovaus slydimo metodu valdomo nominaliai apkrauto asinchroninio variklio rotoriaus sukimosi greičio ir statoriaus srovės (a) bei rotoriaus slydimo (b) pereinamieji vyksmai, kai sukimosi greitis –1200 aps./min.

Fig. 6. Transients of AC induction motor, speed (a), stator current (a) and rotor slip (b) at nominal load and 1200 rpm speed, motor is controlled by constant slip method.

Modeliuojant nustatyta, kad tai pailgina pereinamųjų vyksmų trukmę ir paleidimo srovę ji viršija daugiau nei dešimt kartų. Šiai problemai spręsti pasiūlyta pastovaus slydimo metodo modelyje naudoti posistemį, palapsniui keičiantį greitį iki norimos vertės. Taikant šią posistemį, nominaliosios variklio paleidimo srovės viršijimas sumažėjo iki gamintojo reikalavimus atitinkančios vertės.

Modeliuojant patikrintas ribinis atvejis, kai asinchroninis variklis yra nominaliai apkrautas, o nustatytas greitis –100 aps./min.

Bandant įsukti variklio rotorius pagal skaliarinio valdymo metodą, rotorius nepradeda sukis, todėl slydimas didėja ir išauga statoriaus srovė. Tokiomis pat sąlygoms taikant pasiūlytą pastovaus slydimo metodą, rotorius įsukamas.

Pastovaus slydimo metodu valdomo asinchroninio variklio rotoriaus sukimosi greičio, statoriaus srovės ir slydimo pereinamieji vyksmai, kai nustatytas 1200 aps./min greitis, pateikti 6 pav. Šiuo atveju rotoriaus slydimas artimas nominaliajam, o statoriaus srovė yra mažesnė nei valdant skaliariniu metodu.

Išvados

Asinchroninio variklio pastovaus slydimo stabilizuojant greitį rotoriaus sukimosi greičio valdymo metodas užtikrina efektyvesnę asinchroninio variklio valdymą (gauti mažesnę variklio srovę), lyginant su skaliariniu valdymo metodu, kai variklio apkrova yra artima nominaliajai ir nustatytas rotoriaus sukimosi greitis yra mažas. Kai asinchroninis variklis yra nominaliai apkrautas, o nustatytas naudojamo tyrimams variklio greitis yra mažesnis už 100 aps./min., paleidžiant skaliariniu metodu valdomą variklį rotorius nepradeda sukis. Tokiomis pat sąlygomis, taikant pasiūlytą pastovaus slydimo metodą, rotorius įsukamas.

Pagrindinis pastovaus slydimo asinchroninio variklio valdymo metodo trūkumas – jis netinkamas silpnai apkrautiems varikliams valdyti. Šiuo atveju tinkamesnis yra skaliarinis valdymo metodas, nes leidžia pasiekti mažesnę nei nominalųjį slydimą, garantuojantį mažesnę srovę.

Literatūra

- Bleizgys, V. 2012. *Erdvinio vektoriaus moduliavimo principu valdomo inverterio tyrimas ir taikymas: daktaro disertacija*. Vilnius: Technika. 90 p.
- Ericson, R. W. 2000. *Fundamentals of Power Electronics*. USA: Kluwer Academic Publishers. 241 p.
- Krein, P. T. 1998. *Elements of Power Electronics*. New York: Oxford University Press. 674 p.
- Kumar, K. V.; Prawin, A. M.; Joseph, P. J.; Kumar, S. S. 2010. Simulation and comparison of SVPWM and SPWM control for three phase inverter, *APRN Journal of Engineering and Applied Science* 5: 1819–6608.
- Prasad, V. H. 1997. *Analysis and comparison of space vector modulation schemes for three-leg and four-leg voltage source inverters*. Blacksburg, Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University. 67 p.

CONSTANT SLIP CONTROL SYSTEM OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR

M. Šapurov, R. Zubavičius, V. Bleizgys

Abstract

Asynchronous motors are efficiently controlled using the scalar method. Main problems appear when the motor is fully loaded and desired rotation speed is slow. In such cases, the motor slip exceeds the magnitude of the nominal slip, causing the increase in stator current. The constant slip method was designed to control hardly loaded asynchronous motor. In this particular situation, the constant slip method provides a better efficiency than the scalar method. The magnitude of the motor current refers to the slip: the less is the slip, the less is the magnitude. It is impossible to find the optimal slip for minimization of current with the help of a model. Therefore, the nominal slip value was used as optimal.

Keywords: asynchronous motor, slip, frequency converter, inverter, control system.