FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

MECHANIKAI ÉRZÉKELŐ NÉLKÜLI KALICKÁS INDUKCIÓS MOTOR KETTŐS MEZŐORIENTÁCIÓS SZABÁLYOZÁSI STRUKTÚRÁJÁNAK SZIMULÁCIÓJA

SIMULATION OF THE DOUBLE FIELD-ORIENTED CONTROL STRUCTURE OF SENSORLESS CAGE INDUCTION MOTOR

IMECS Mária, SZABÓ Csaba, SZŐKE Enikő, INCZE János Jób

*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar, Villamos Gépek és Hajtások Tanszék,
Románia, Kolozsvár, Str. Barițiu nr.28, Telefon: +40-(0)264-402450/ TU-Cluj,
maria.imecs@emd.utcluj.ro*

Abstract

The paper presents a vector control procedure without speed sensor for induction motor drives based on simple calculus, avoiding the rotor-resistance dependency, which is suitable for DSP implementation. The double field-orientation combines the advantages of the rotor- and stator-flux orientation. The speed feedback value is generated by the torque-producing current-component-controller connected in cascade combination with the speed controller. The simulations are made in MATLAB Simulink® software-environment.

Keywords: Adaptive Vector Control, Pulse Width Modulation (PWM), Voltage Source Inverter (VSI)

Összefoglalás

A dolgozat egy rotor-ellenállás függőséget kiküszöbölő, egyszerű számításokon alapuló, vektoriális szabályozási eljárást mutat be, mely mechanikai érzékelő nélküli kalickás indukciós motoros hajtások implementációjára alkalmas. A kettős mezőorientáció egyesíti a rotor- és a sztátor-orientációs eljárások előnyeit. A sebesség-visszacsatolás jelét egy, a sebességszabályozóval kaszkádban bekötött aktív áramösszetevő-szabályzó generálja. A szimulációt MATLAB Simulink® szoftver-környezetben végeztük el.

Kulcsszavak: adaptív vektoriális szabályozás, impulzus-szélesség moduláció, feszültség inverter

1. Bevezetés

Az utóbbi években a mechanikai érzékelők nélküli (MÉN) villamos hajtás-rendszerek, számos előnyeiknek köszönhetően, újra az érdeklődés középpontjába kerültek. A barátságtalan környezetben is működtethetőség mellett a kisebb méret, a csökkentett zajérzékenység, a szenzorkábelek kiküszöbölése és az egyszerűbb hardver igény ugyancsak mellettük szól.

A kalickás indukciós motorok (KIM) nem túl igényes sebesség-szabályozását egyszerűbb struktúrákkal is meg lehet oldani, melyeknek viszont az egyik hátrányos oldala a rotor-paraméter-függőség [1], [2], [3]. A kettős mezőorientáció (KMO) azonkívül, hogy a rotor-(RFO) és a sztátor-fluxus-orientációs (SFO) eljárás előnyeit egy szabályozási struktúrában érvényesíti [4], [5], [6], alkalmazása a MÉN KIM hajtásoknál is rotor-ellenállás független struktúrák szerkezetéhez vezetett [7]. A KMO ötletét viszont az a tény provokálta ki, hogy a

villamos hajtástechnikának szánt, piaci forgalomban lévő digitális jelfeldolgozó vezérlőegységek nagy része, a gyakorlati kivitelezésében csak a nyílt hurkú impulzus-szélesség modulációs (ISZM) eljárásokra alkalmasak, annak ellenére, hogy az áram-visszacsatolásos ISZM módszerekkel jobb szabályozási minőséget lehet elérni. A KIM kéthurkú vektoriális szabályozási struktúrájában (VSzS) viszont a fluxus- és sebesség-szabályozók a sztátor-áram RFO kétfázisú összetevőit (2FÖ) közvetlenül generálják. A KIM-t tápláló feszültség-forrásjellegű váltóirányító (FVI) beavatkozó jeleinek a számítását viszont SFO alkalmazásával rotoellenállás-függetlenné lehet tenni. [1], [8], [9].

2. A kettős mezőorientációs sebesség-érzékelő nélküli KIM hajtás

Az 1. ábrán látható rendszert a [7]-ben mutattuk be, amely a KMO-s VSzS-ra épül [4], [5], [6], ahol a sebesség szabályozásához szükséges visszacsatolási sebességértéket a SMO-s aktív (nyomaték-képző) áram-összetevő kaszkádba kapcsolt szabályozója generálja, a MÉN rotorparaméter-függő RFO-s struktúrákhoz hasonlóan [1], [2], [3].

1. ábra. Mechanikai-érzékelő nélküli kettős mezőorientációs indukciós motoros hajtás nyomaték-képző aktív áram-szabályozóval generált sebesség-visszacsatolással.

Az MO-s sztátor-fluxus 2FÖ-ít a mért fázisáramokból, az egyenáramú közbenső-kör (EÁ-KK) feszültségéből és az ISZM logikából identifikáljuk, majd a szórési fluxusok kompenzálásával kiszámoljuk a másik MO-s rotor fluxus 2FÖ-ít, és ebből a szabályzásához szükséges visszacsatolási skaláris értéket.

3. Számítógépes numerikus szimulációs eredmények

A szimulációk Matlab/Simulink® környezetben történtek. Az *1LA7-106 4AA10* típusú (SIEMENS) KIM névleges adatai: $P_{tN}=2.2$ kW, $U_{sN}=230/400V^{eff}$, $I_{sN}=8,2/4,7A^{eff}$, $f_N=50$ Hz, $n_N=1420$ ford/perc. Számított értékek az $M_{eN}=15$ Nm elektromágneses nyomaték és az alapjelek: 297 rad/s villamos szögsebesség valamint a rotor-fluxus amplitúdója 0.9 Wb.

A 2.-4- ábrán láthatók szimulációs eredmények egy indítás folyamatát mutatják be az állandósult állapotig, melynek során mindkét előírt alapjel a névleges értéken állandó marad.

A szimulációban a terhelő nyomaték a sztatikus értékről a szögsebességgel lineárisan nő.

a) Az alapjel előírt (w^{Ref}), a becsült (w^{est}) és az aktuális szögsebesség w^{act} b) Az elektromágneses nyomaték (m_e) és a terhelőnyomaték (m_L) c) A rotor-fluxus amplitúdója az alapjelhez (w^{Ref}) viszonyítva

2. ábra. A mechanikai mennyiségek és a szabályozott fluxus időbeli változása.

a) Rotor-mező-orientált ($d\lambda_r-q\lambda_r$) összetevők

b) Sztátor-mező-orientált ($d\lambda_s-q\lambda_s$) összetevők

3. ábra. A sztátor-áram mező-orientált kétfázisú összetevőinek időbeli változása.

a) Állórész-áram

b) Állórész-fluxus

c) Forgórész-fluxus

4. ábra. Térfázor-diagramok.

A becsült szögsebesség felfutása jó dinamikát mutat, ugyanakkor az állandósult állapot elérése után is hiba nélkül követi az előírt alapjelet. Összehasonlítva a motor aktuális sebességével megfigyelhető, hogy mind az indítás során, mind az állandósult üzemmódban az értékek gyakorlatilag azonosak. Ami a szabályozott fluxus viselkedését illeti, az indítás után nagyon hamar eléri az előírt alapjel értékét, viszont ezt követően enyhe ingadozást mutat, mely eltart addig a pillanatig, amíg a szögsebesség szintén el nem éri az állandósult állapotot. Sorozatos szimulációk esetén az eredmények azt mutatták, hogy amennyiben az állandósult állapot beállta után a sebesség-alapjelét ugrás-szerűen módosítjuk, a tranzien্স folyamatok

beállta után a becsült sebesség nem lesz azonos a motorban szimulált sebességgel és eltér a motormodell kimenetén nyert aktuális értéktől, annak ellenére, hogy a becsült érték továbbra is megvalósítja az előírt alapjelet. Ezt a hibát a szabályozási struktúrában használt klasszikus PI típusú szabályozók újrhangolásával sikerült kiküszöbölni. Ebből az a következtetés vonható le, hogy az elkövetkezendőkben ezeket a szabályozókat adaptív vagy robusztus szabályozókkal kell kikísérletezni.

4. Következtetések

A KIM-t tápláló FVI implementációra alkalmas vezérlése a nyílt-hurkú térfázoros vagy a vivő- (hordozó-) hullámos feszültség-típusú ISzM eljárások. A rotor-ellenállás függőséget úgy küszöböljük ki, hogy a MÉN szabályozási struktúrában a sebesség-visszacsatolási jelének a számítását kaszkádkapcsolású aktíváram-szabályozóval helyettesítjük; a kéthurkú szabályozási struktúrában a sztátor-áram RFO-t 2FÖ-it generáljuk, melyeket átorientálunk SFO-s 2FÖ-kre és ezekből számoljuk a sztátor-feszültség beavatkozó vezérlő változóit. Egyesítve a két mezőorientációs eljárás előnyeit, alacsony motorparaméter-függőség és kisebb számítási kapacitás mellett, jó szabályozási dinamikát és stabilitást lehet biztosítani a rendszernek. A MÉN hajtás robusztus viselkedést viszont modern szabályozási elveken alapuló szabályozókkal lehet csak megoldani. A Matlab/Simulink® környezetben végzett szimuláció a struktúra gyors implementációját készíti elő a dSPACE vezérlőkártyával.

Irodalom

- [1] Kelemen Á., Imecs Mária: *Vector Control of AC Drives*, Vol. 1: *Vector Control of Induction Machine Drives*, OMIKK-Publisher, Budapest, 1991, ISBN 963 593 140 9.
- [2] Akeshi Maeda; Tung Hai Chin; Hiroichirou, Tanaka; Takashi, Koga; Ysugutosi, Ohtani: *Today's AC drive industrial application in Japan*, 4th European Conference on Power Electronics and Applications, EPE'91, Florence, Italy, 1991, 2-618-2-624 old.
- [3] Imecs Mária, Negrea C. Alin, Szabó Cs., Incze J. J.: *Sebesség-érzékelő nélküli aktív áram-szabályozáson és közvetett mező-orientáción alapuló vektoriális aszinkron motoros hajtás szimulációja*, ENELKO 2013 XIV. Nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia, Nagyszeben, 2013, ISSN 1842-4546, 54-59 old.
- [4] Imecs Mária; Szabó Cs.; Incze I. I.: *Vector control of the cage induction motor with dual field orientation*, CINTI 2008, Budapest, 2008, ISBN 978-963-7154-82-9, 47-58 old.
- [5] Imecs Mária, Incze I. I., Szabó Cs.: *Dual field orientation for vector controlled cage induction motors*, The 11th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems, INES 2009, Barbados, CD-ROM, ISBN: 978-1-4244-4111-2, 143-148 old.
- [6] Imecs Mária, Szabó Cs., Incze J. J.: *Kalickás indukciós motorok vektoriális szabályozása kettős mező-orientációval*, ENELKO 2009 X. Nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia, Marosvásárhely 2009, ISSN 1842-4546, 72-77 old.
- [7] Imecs Mária: *Kettős mezőorientációs szabályozási struktúra mechanikai érzékelő nélküli kalickás indukciós motoros hajtás részére*, XIV. Műszaki Tudományok Ülésszaka MTÜ 2013, Erdélyi Múzeum Egyesület Műszaki Tudományos Szakosztálya, Kolozsvár, 2013. November 23., e-Book, ISBN: 978-606-8178-80-6, <http://hdl.handle.net/10598/28082>, pp. 69-80.
- [8] Imecs Mária: *Kalickás indukciós motorok forgó- és állórész mezőorientált vektoriális szabályozási rendszereinek összehasonlítása*, ENELKO 2009 X. Nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia, Marosvásárhely 2009, ISSN 1842-4546, 66-71 old.
- [9] Imecs Mária: *A villamos gépek modern szabályozási módszerei a térfázor elmélet alapján*, Plenáris előadás, XVI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, FMTÜ Nemzetközi Tudományos Konferencia, Műszaki Tudományos Füzetek, Erdélyi Múzeum Egyesület kiadványa, Kolozsvár, 2011, ISSN 2067-6 808, <http://eda.eme.ro/handle/10598/13994>, XIX-XLIV old.