

FUZZY LOGIC–BASED CONTROLLER DESIGN FOR CONTROL OF INDUCTION MACHINE PROJEKTIMI I RREGULLATORËVE TË LOGJIKËS FUZZY PËR KONTROLLIN E MOTORIT ASINKRON

AIDA SPAHIU*, PETRIKA MARANGO, GENCI SHARKO

Departamenti i Automatikës, Universiteti Politeknik i Tiranës, Sheshi “Nënë Tereza”, Nr. 4, Tiranë,
SWHQIPËRI

Email: aida_spahiu@yahoo.com

AKTET IV, 3: 436 - 442, 2011

PERMBLEDHJE

Logjika *fuzzy* ka një interes në rritje në aplikimet industriale. Arsytet janë karakteristikat jolineare, pavarësia nga përpikëria e modelit, reduktimi i kohëve të punës dhe mirëmbajtjes. Rregullatorët *fuzzy* të përdorur në transmisionet elektrike demonstrjnë një qëndrueshmëri të madhe në lidhje me ndryshimet parametrike dhe shqetësimet e ngarkesës. Transmisionet industriale përdorin rregullimin kaskadë PI, me një lak kontrolli të rrymës, që rryma të mos kalojë vlerën kufi dhe të përmirësohet sjellja dinamike e sistemit. Karakteristikat jolineare të rregullatorëve *fuzzy* janë modeluar në mënyrë të përshtatshme për të përfutur sjelljet e kontrollit në kaskadë duke përdorur një lak të vetëm të kontrollit. Në këtë artikull jepen një numër minimal rregullash dhe kriteresh bazuar në konsiderata fizike, për të përcaktuar përfitimet e hyrjes dhe daljes së rregullatorëve *fuzzy* pa përdorur procedurën *provë dhe gabim*. Rezultatet e simulimeve tregojnë efektivitetin e metodës së përdorur në projektimin e rregullatorit *fuzzy*.

Fjalët çelës: motor asinkron, rregullatori *fuzzy*, rregullat *fuzzy*

SUMMARY

Fuzzy logic has met a growing interest in many industrial application. The attention toward this technique is due to its nonlinear features, independence from an accurate system modeling, reduction of development and maintenance time. In field of electric drives fuzzy logic-based controller (FLBC) are more robust when parameter detuning and load disturbance occur. Industrial drives employ the cascaded PI control with a subordinated current control loop to make sure that the current does not exceed the admissible value and improve dynamic performance. The nonlinear FLBC characteristics permit one to achieve the performance of the cascade control using only one control loop. In this paper are proposed a minimum number of rules and the criteria, based on physical considerations, to determine the input and output gains instead of using the trial and error procedure. Computer simulations show the effectiveness of the proposed fuzzy-controller design method.

Key words: induction machine, fuzzy controller, fuzzy rules

1. HYRJE

Logjika *fuzzy* ka një interes në rritje në aplikimet industriale. Rregullatorët e bazuar në logjikën *fuzzy* (FLBC) të aplikuar në transmisionet elektrike demonstrjnë një qëndrueshmëri me të madhe në lidhje me ndryshimet parametrike dhe shqetësimet e ngarkesës krahasuar me

rregullatorët e tipit *proporcional-integrues* (PI) [1], [2], [3], [4].

FLBC kërkon të bëjë sa më mirë një operator njerëzor, të dy punojnë në bazë të njohjes. Kjo njohje bazohet në një bashkësi rregullash linguistike për logjikën *fuzzy* dhe në eksperiencën njerëzore për njeriun [5], [6].

Mir dhe të tjerët [1] kanë propozuar një FLBC të aftë të vlerësojë ndryshimet e rezistencës së statorit në një transmission me kontroll të drejtpërdrejtë të momentit të motorit asinkron, ku zgjedhja e faktorëve të shkallës dhe e funksionit të anëtarësisë bazohet mbi procedurën *provë dhe gabim*.

Shumë kërkues janë përpjekur të rrisin qëndrueshmërinë e FLBC duke përdorur mekanizmat e vetëtarimit [2]. Midis parametrave të ndjeshëm të tarimit faktorët e shkallës kanë rol kyç në punën dhe qëndrueshmërinë e sistemit, funksioni i tyre është i njëjtë me atë të përfitimeve në rregullatorët PI [3]. Për këtë arsye faktorët e shkallës duhet të përcaktohen me përpikëri në mënyrë që përdorimi i FLBC të ketë avantazh.

Në këtë artikull studiohet kontrolli i transmiseve elektrike me motor asinkron që ushqehen me tension dhe frekuencë të ndryshueshme. Karakteristikat jolineare të FLBC modelohen në mënyrë të përshtatshme për të përfutur sjelljet e kontrollit në kaskadë, duke përdorur një lak të vetëm kontrolli. Projektim i përshtatshëm i FLBC, mbi bazën e gabimit dhe ndryshimit të gabimit të variablit të kontrollit, është në gjendje ta çojë transmissionin në pikën e punës, në kohë minimale dhe pa mbirregullim të madh. Për të arritur këtë qëllim rryma e motorit duhet të arrijë vlerën maksimale të pranuar dhe ta mbajë sa më shumë të jetë e mundur. Kjo realizohet duke zgjedhur në mënyrë të përshtatshme faktorët e shkallës dhe rregullat e FLBC. Skema e propozuar e kontrollit është e aftë të ndikojë në rregullimin e fluksit, shpejtësisë dhe rrymës së motorit asinkron, duke përdorur dy FLBC. Hyrjet e secilit rregullator janë gabimi dhe ndryshimi i gabimit i variablit të kontrollit. Në vazhdim propozohen kritere, bazuar mbi konsiderata fizike, për të përcaktuar përfutimet e hyrjes dhe daljes së rregullatorëve pa përdorur procedurën *provë dhe gabim*. Numri i rregullave dhe funksioneve të anëtarësisë është minimizuar, për të ulur koston.

Strategjitë e përdorura për kontrollin janë shumë fleksibile: ato aplikohen njësoj si në transmissionet

me rrymë të vazhduar, si në ato me rrymë alternative.

2. PROJEKTIMI I FLBC ME DY HYRJE

Figura 1 paraqet bllokskemën e transmissionit me motor asinkron me dy FLBC me dy hyrje [4]. Hyrjet e rregullatorëve të fluksit dhe shpejtësisë janë gabimi dhe ndryshimi i gabimit, daljet janë derivatet e komponenteve të tensionit të referimit të statorit sipas aksit d ($\Delta v_{sd}(n)/\Delta T$) dhe q ($\Delta v_{sq}(n)/\Delta T$). Daljet e rregullatorëve integrohen për të përfutur, me anë të veprimit të kontrollit të tipit *proporcional-integrues*, komponentet e referimit të tensionit të statorit. Këto tensione zbatohen në motor nëpërmjet shndërruesit statik me kontroll vektorial (PWM-VSI).

Variablat linguistikë të hyrjes dhe daljes të rregullatorëve *fuzzy* zgjidhen si më poshtë:

1. gabimi e : negativ (N), zero (ZE), pozitiv (P);

2. ndryshimi i gabimit Δe :

negativ ingopur (NSAT), negativ imadh (NB), negativ ivogël (NS), zero (ZE), pozitiv ivogël (PS), pozitiv imadh (PB), pozitiv ingopur (PSAT);

3. derivati i tensionit referues $\frac{\Delta v}{\Delta T}$:

negativ imadh (NB), negativ ivogël (NS), zero (ZE), pozitiv ivogël (PS), pozitiv imadh (PB).

eG_e	N	ZE	P
$\Delta eG_{\Delta e}$	NSAT	PB	PB
NB	ZE	PB	PB
NS	NB	PS	PB
ZE	NB	ZE	PB
PS	NB	NS	PB
PB	NB	NB	ZE
PSAT	NB	NB	NB

Tabela 1. Rregullat e kontrollit

Universi i diskutimit i variablave *fuzzy* të hyrjes dhe daljes normalizohet në [-1 1]. Për të përfutur një veprim kontrolli me të imët në afërsi të pikës së punës, me sa më pak funksione anëtarësie,

adaptohet shpërndarja jouniforme e funksioneve të anëtarësisë, figurat 2, 3. Pra, minimizohet puna llogaritëse e rregullatorit: shërbejnë vetëm 21 rregulla, tabela 1. Funksionet e anëtarësisë së

daljes janë pesë *singleton* të shpërndara uniformisht në universin e diskutimit, figura 4.

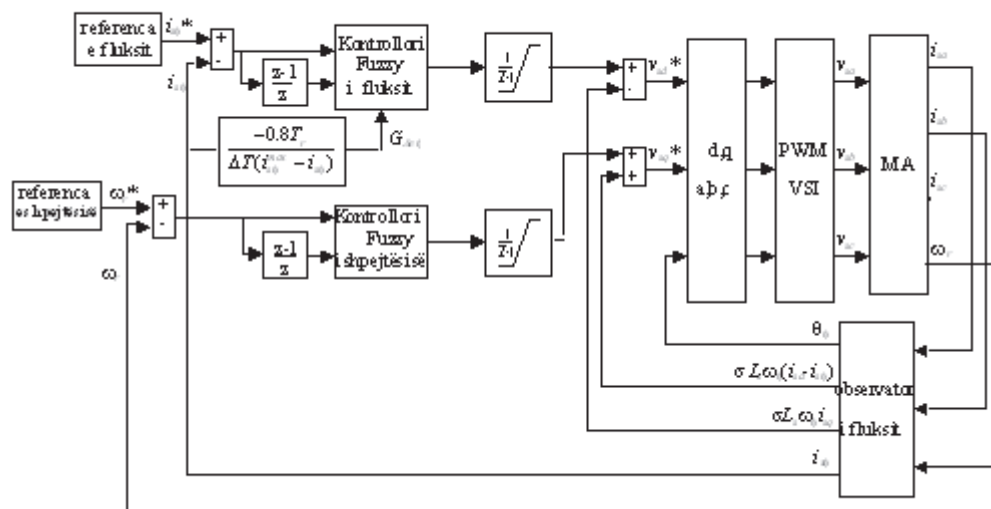


Figura 1. Blokskema e transisionit asinkron me dy rregullatorë fuzzy

Zgjedhja e faktorëve të shkallës bazohet mbi analizat e magnetizimit dhe lëshimit të motorit. Në fillim zbatohet një shkallë fluksi sa fluksi nominal. Kur fluksi arrin vlerën nominale zbatohet moment ngarkese nominal.

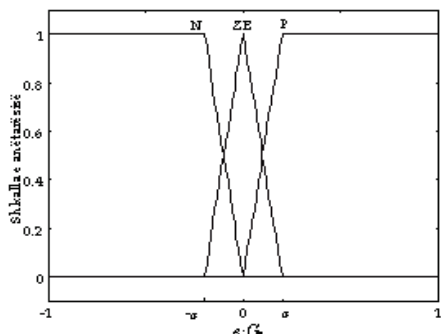


Figura 2. Funksionet e anëtarësisë së gabimit.

Shqyrtojmë tarimin e rregullatorit të shpejtësisë, figura 5. Faktori i shkallës i gabimit G_{ω} zgjidhet $1/\omega_n$. Pra gabimi i normalizuar në hyrje

kufizohet midis ± 1 . Dalja e rregullatorit varet vetëm nga hyrja $\Delta e_{\omega}(n)$, kur vlera absolute e $e_{\omega}(n) > a$, si rezultat i zgjedhjes së bërë për funksionet e anëtarësisë së gabimit, figura 2. Në lëshim kjo konditë rezulton gjerësisht e kontrolluar sepse parametri 'a' është zgjedhur i barabartë me 0.1. Dalja e rregullatorit varet nga të dyja hyrjet $e_{\omega}(n)$ dhe $\Delta e_{\omega}(n)$, kur $|e_{\omega}(n)|$ është më e vogël se 'a'. Kjo ndodh kur arrihet pika e punës dhe lejon të mbahet shpejtësia $\pm 10\%$ të n_n .

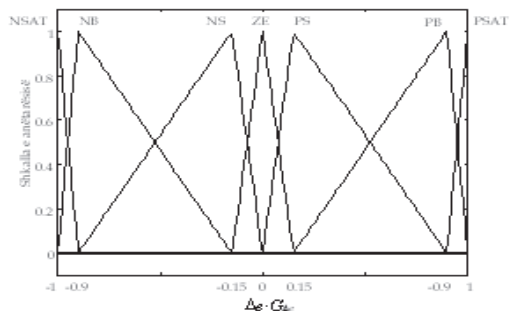


Figura 3. Funksionet e anëtarësisë të ndryshimit të gabimit.

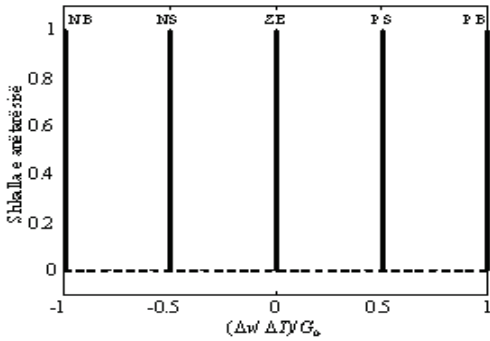


Figura 4. Funkionet e anëtarësisë të daljes.

Zgjedhja e përfitimit të hyrjes $G_{\Delta e_{\omega}}$ bëhet mbi konsiderata fizike. Ekuacioni elektromekanik i

motorit asinkron, $\frac{J}{n_p} p \omega_r = T_e - T_r$ i shkruar në

sistemin e referimit $d-q$, një herë i diskretizuar pranohet në formën:

$$\frac{J}{n_p} \frac{\omega_r(n+1) - \omega_r(n)}{\Delta T} = \frac{3}{2} n_p \frac{L_m^2}{L_r} i_{s\phi}(n) i_{sq}(n) - T_L$$

Ndryshimi maksimal i shpejtësisë gjatë një periode kampionimi (mostrimi) ΔT , pa ngarkesë dhe me fluks nominal është:

$$\Delta \omega_r^{\max} = \frac{3}{2} \frac{L_m^2 i_{s\phi n}^2 \Delta T n_p^2}{J L_r i_{sq}^{\max}}$$

ku: $i_{s\phi n} = \lambda_{rn} / L_m$ - vlera nominale e $i_{s\phi}$,

$i_{sq}^{\max} = 2i_{sqn}$ - vlera maksimale për rrymën e aksit

q . $\Delta e_{\omega}(n)$ nën hipotezën e punës me referim të shpejtësisë konstant, është:

$$\Delta e_{\omega}(n) = e_{\omega}(n) - e_{\omega}(n-1) = -\omega_r(n) + \omega_r(n-1) = -\Delta \omega_r(n)$$

Faktori i shkallës i ndryshimit të gabimit të shpejtësisë zgjidhet i barabartë me:

$$G_{\Delta e_{\omega}} = -0.8 / \Delta \omega_r^{\max}$$

Për të pasur punë me përshpejtim maksimal, pra me rrymë maksimale, $\Delta e_{\omega}(n)$ e normalizuar është ± 0.8 .

Për të zgjedhur përftimin e daljes G_{ω} shkruajmë ekuacionin e tensionit sipas aksit q :

$$v_{sq} = R_a(1 + sT_a) \cdot i_{sq} + \omega_{\phi} \sigma L_s \cdot (i_{sd} - i_{s\phi}) + \frac{L_s}{L_m} \lambda_r \omega_r$$

$$v_{sq} = R_a(1 + sT_a) \cdot i_{sq} + \omega_{\phi} \sigma L_s \cdot (i_{sd} - i_{s\phi}) + L_s i_{s\phi} \omega_r$$

Duke supozuar që kompensojmë $+\omega_{\phi} \sigma L_s \cdot (i_{sd} - i_{s\phi})$ përftohet:
 $v_{sq} = R_a(1 + sT_a) \cdot i_{sq} + L_s i_{s\phi} \omega_r$

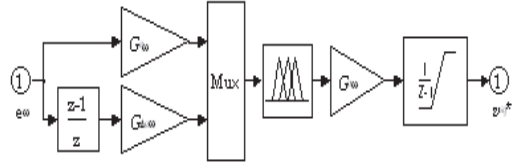


Figura 5. Bliokskema e FLBC të shpejtësisë.

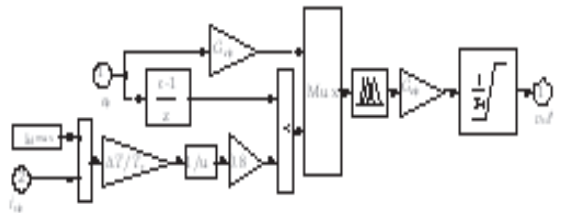


Figura 6. Bliokskema e FLBC të fluksit.

Derivati diskret i tensionit v_{sq} , i aftë të mbajë rrymën i_{sq} konstante, për $i_{s\phi} = i_{s\phi n}$ është:

$$\frac{\Delta v_{sq}}{\Delta T} = L_s i_{s\phi n} \frac{\Delta \omega_r}{\Delta T}$$

Llogaritim daljen e rregullatorit, e aftë të garantojë përshpejtim maksimal gjatë lëshimit të makinës, duke kombinuar (2) dhe (7):

$$\left(\frac{\Delta v_{sq}}{\Delta T} \right)^{\max} = L_s i_{s\phi n} \frac{\Delta \omega_r^{\max}}{\Delta T} = \frac{3}{2} \frac{L_s L_m^2 i_{s\phi n}^2 n_p^2}{J L_r} i_{sq}^{\max} \quad (3)$$

Supozojmë që FLBC i shpejtësisë është në gjendje të mbajë rrymën i_{sq} konstante sa i_{sq}^{\max} . Mbi bazë

të rregullave dhe funksioneve të anëtarësisë llogaritim daljen e normalizuar të rregullatorit fuzzy gjatë lëshimit. Kjo dalje është 0.133. Si pasojë përftojmë:

$$\frac{3}{2} \frac{L_s L_m^2 i_{s\phi n}^2 n_p^2}{J L_r} i_{sq}^{\max} = G_{\omega} \cdot 0.133$$

(5)

Nga (9) përftojmë $G_{\omega\omega}$ i aftë të mbajë rrymën

$$i_{sq} = \text{konst} = i_{sq}^{\text{max}} :$$

$$G_{\omega\omega} = \frac{1}{0.1332} \frac{3 L_s L_m^2 i_{s\phi n}^2 n_p^2}{J L_r} i_{sq}^{\text{max}}$$

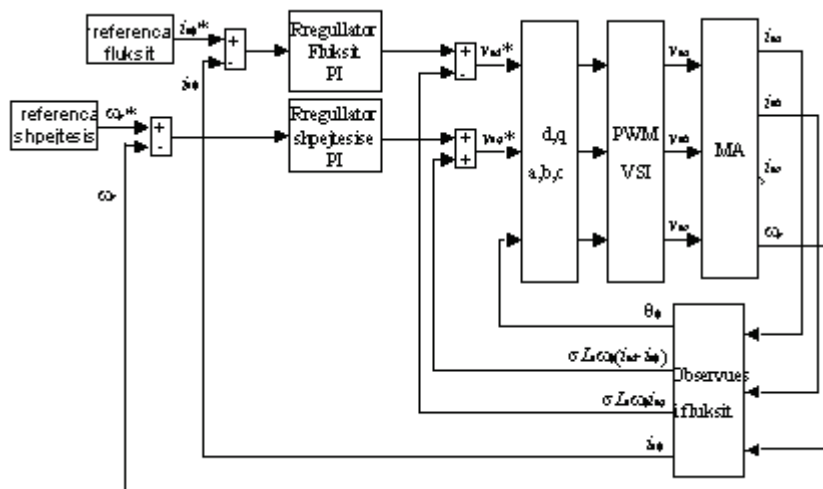


Figura 7. Blokskema e transmisionit me rregullatorë PI.

Rregullatori është në gjendje të mbajë rrymën $i_{sq} = \text{konst} = i_{sq}^{\text{max}}$ sepse gabimi i normalizuar i shpejtësisë bëhet pozitiv dhe më i madh se 'a'. Funkzioni i vetëm i aktivizuar i anëtarësisë është 'P' me shkallë aktivizimi një. Lëvizim gjatë kolonës së tretë të tabelës 1, derisa gabimi i normalizuar i shpejtësisë nuk do të jetë më i vogël se 'a', figura 2. Ndryshimi i gabimit të normalizuar të shpejtësisë, $\Delta e_{\omega}(n)G_{\Delta e_{\omega}} = 0.8\Delta\omega_r(n)/\Delta\omega_r^{\text{max}}$, është zero në momentin e aplikimit të momentit dhe aktivizon funksionin e anëtarësisë 'ZE' me shkallë vërtetësie një. Në këtë pikë rregullatori rrit tensionin v_{sq} mbi motor, duke rritur rrymën i_{sq} . Duke u nisur nga kutia ('P'; 'ZE') spotohemi (zhvendosemi) poshtë gjatë kolonës së tretë të tabelës 1. Kur $\Delta e_{\omega}(n)G_{\Delta e_{\omega}}$ bëhet 'PB' rryma është pranë vlerës kufi, dhe tensioni v_{sq} nuk rritet më. Nëse aktivizohet funksioni 'PSAT' tensioni v_{sq} zvogëlohet për ta risjellë rrymën i_{sq} nën vlerën i_{sq}^{max} . Pra rryma kufizohet në vlerën e pranuar i_{sq}^{max} gjatë proceseve kalimtare dhe pika e punës arrihet në kohë minimale.

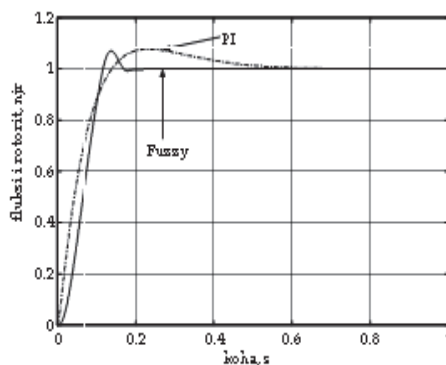


Figura 8. Sjellja e fluksit të rotorit

Rregullat e kolonës qendrore aktivizohen në konditat e regjimit të vendosur. Nëse aplikohet një shkallë negative shpejtësie, rregullat aktive janë ato të kolonës së parë. Zgjedhja e parametrit 'a' përcakton sjelljen e transmisionit në afërsi të pikës së punës: nëse sistemi do të jetë "shumë i ngadalshëm" duhet të zvogëlohet 'a', nëse sistemi do të jetë "nervoz" duhet të rritet 'a'. Kemi zgjedhur $a=0.1$; pra vlerat midis 0.05 dhe 0.15 japin rezultate të pranueshme.

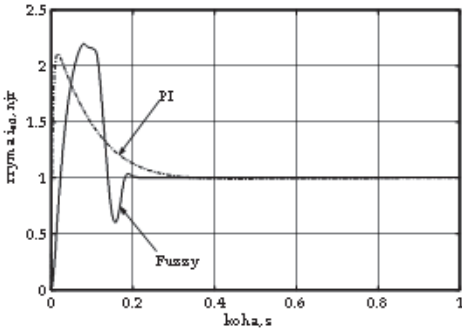


Figura 9. Sjellja e rrymës i_{sd} .

Projektimi i rregullatorit *fuzzy* të fluksit, figura 6, parashikon zgjedhjen e dy faktorëve të shkallës të hyrjes dhe një të daljes. Faktori i shkallës i gabimit të fluksit zgjidhet i barabartë me $1/i_{s\phi n}$. Pra gabimi i normalizuar i fluksit kufizohet në [-11]. Relacioni midis rrymave i_{sd} e $i_{s\phi}$, $\lambda_r = \frac{L_m}{1+sT_r} i_{sd} = L_m i_{s\phi}$, një herë i diskretizuar bëhet:

$$i_{sd}(n) = i_{s\phi}(n) + T_r \frac{\Delta i_{s\phi}(n)}{\Delta T}$$

Ndryshimi maksimal i rrymës $i_{s\phi}$ gjatë periodës së kampionimit ΔT është:

$$\Delta i_{s\phi}^{max} = \frac{\Delta T}{T_r} (i_{sd}^{max} - i_{s\phi}(n))$$

ku: $i_{sd}^{max} = 2i_{sdn}$.

Nën hipotezën e punës me fluks referimi konstant sa nominali ($i_{s\phi}^* = i_{s\phi n}$), Δe_ϕ jepet:

$$\Delta e_\phi(n) = e_\phi(n) - e_\phi(n-1) = -i_{s\phi}(n) + i_{s\phi}(n-1) = -\Delta i_{s\phi}(n)$$

Zgjedhim përfitim $G_{\Delta e_\phi}$ variabël dhe të barabartë me

$$G_{\Delta e_\phi} = -0.8 / \Delta i_{s\phi}^{max}$$

Për të zgjedhur faktorin e shkallës së daljes $G_{o\phi}$, shkruajmë ekuacionin e tensionit të aksit d :

$$v_{sd} = R_s \left(\frac{\sigma T_s T_r s^2 + (T_s + T_r) s + 1}{1 + T_r s} \right) i_{sd} - \omega_\phi \sigma L_s i_{sq}$$

Duke supozuar që kompensojmë $-\omega_\phi \sigma L_s i_{sq}$ ekuacionin (14) rishkruhet:

$$(1 + T_r s) v_{sd} = R_s (\sigma T_s T_r s^2 + (T_s + T_r) s + 1) i_{sd}$$

Nga (15) llogaritet derivati i v_{sd} , për të mbajtur i_{sd} konstante:

$$p v_{sd} = \frac{R_s i_{sd}}{T_r} \cdot e^{-\frac{t}{T_r}}$$

Derivati i v_{sd} arrin vlerën maksimale për $t=0$. Njësoj si për rregullatorin e shpejtësisë llogaritim daljen e normalizuar të rregullatorit të fluksit. Nga ekuacioni (16) përftohet:

$$\left(\frac{\Delta v_{sd}}{\Delta T} \right)^{max} = \frac{R_s i_{sd}^{max}}{T_r} = G_{o\phi} \cdot 0.133$$

Nga (17) përcaktojmë:

$$G_{o\phi} = \frac{1}{0.133} \frac{R_s i_{sd}^{max}}{T_r}$$

Funksionet e anëtarësisë dhe rregullat janë të njëjta për të dy rregullatorët *fuzzy*.

3. REZULTATET E SIMULIMEVE

Simulimet janë kryer për kondita të ndryshme pune. Në kohën $t = 0$ s zbatohet një shkallë e fluksit sa fluksi nominal, dhe në $t = 0.4$ s zbatohet momenti nominal. Parametrat e motorit asinkron jepen në tabelën 2.

$Pr = 7.5$ kW	$n_p = 2$
$I_n = 16.5$ A	$J = 0.062$ kg m ²
$V_n = 380$ V	$R_s = 0.728$ Ω
$\omega_n = 314$ rad/s	$R_r = 0.706$ Ω
$T_n = 50.4$ Nm	$L_s = 0.0996$ H
$f_n = 50$ Hz	$L_r = 0.0996$ H
$\lambda_{rn} = 0.915$ Wb	$L_m = 0.0969$ H

Tabela 2. Të dhënat e motorit asinkron

Rezultatet e përfutuara duke përdorur rregullatorët *fuzzy* janë krahasuar me ato të nxjerra duke përdorur dy rregullatorë PI, figura 7. Parametrat e rregullatorit PI të fluksit zgjidhen: $k_{p\lambda} = 3.04$ V/A, $k_{i\lambda} = 22.2$ V/(As), dhe të rregullatorit të shpejtësisë $k_{p\omega} = 0.083$ Vs, $k_{i\omega} = 14/07$ V. Këto zgjedhje janë bërë për të mbajtur rrymat i_{sd} e i_{sq} nën dyfishin e vlerës

nominale. Në figurat 8, 9, 10, 11 jepen krahasimi i rezultateve të simulimeve me rregullatorët *fuzzy* dhe rregullatorë PI.

Rregullatori *fuzzy* i fluksit garanton një përgjigje më të mirë të sistemit krahasuar me atë PI, figura 8.

Shpejtësia arrin shumë më shpejt në pikën e punës ndërsa rryma është e detyruar të barazohet me rrymën kufi derisa gabimi i shpejtësisë nuk zvogëlohet nën 10% të shpejtësisë nominale. Si mbirregullimi, ashtu dhe gabimi i gjeneruar i shpejtësisë nga zbatimi i momentit nominal janë minimal kur përdoret rregullatori *fuzzy*, figura 10.

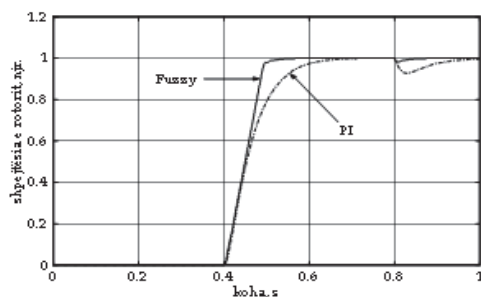


Figura 10. Sjellja e shpejtësisë së rotorit

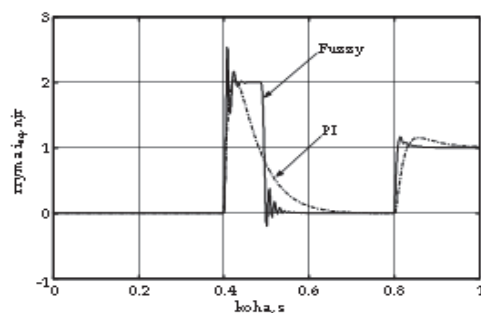


Figura 11. Sjellja e rrymës i_{sq}

Rrymat janë të kufizuara dhe nuk kalojnë kufijtë e vënë për të dy rregullatorët *fuzzy* dhe PI, figurat 9, 11. Përgjigjet e rrymës kur përdoren rregullatorët *fuzzy* janë të shpejta duke lejuar transmissiionin të ndjekë shpejt ndryshimet e pikës së punës dhe të momentit të ngarkesës.

4. KONSIDERATA MBI PËRDORIMIN E FLBC ME DY HYRJE

– Teknika e propozuar e projektimit garanton një sjellje më të mirë të transmisionit në krahasim me atë me rregullatorë PI.

– Kriteret e paraqitura aplikohen në tarimin e rregullatorëve *fuzzy* për çdo transmision elektrik me tension dhe frekuencë të ndryshueshme.

– Numri dhe pozicioni i funksioneve të anëtarësisë, faktorët e shkallës të hyrjes dhe daljes vendosen në bazë të konsideratave fizike, pa shtuar një lak kontrolli të dedikuar.

– Reduktimi i rregullave në 21 e bën të thjeshtë realizimin e rregullatorëve.

LITERATURA

1. Mir S., Elbuluk M.E, Zinger D.S. (1998). "PI and Fuzzy Estimators for Tuning the Stator Resistance in Direct Torque Control of Induction Machines", IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 13, No 2, 279-287.
2. Mudi R.K., Pal N.R, (1999). "A Robust Self-Tuning Scheme for PI- and PD-Type Fuzzy Controllers", IEEE Trans. on Fuzzy Systems, Vol. 7, No 1, 2-16.
3. Raviraj V.S.C, Sen P.C. (1997), "Comparative Study of Proportional-Integral, Sliding Mode, and Fuzzy Logic Controllers for Power Converters", IEEE Trans. on Ind. Appl., Vol.33, No 2, 518-524.
4. Spahiu A, Luga Y, (2003). "Kontrolli vektorial i një motori asinkron me rregullator linear", BSHT.
5. Driankov D, Hellendoorn H, Reinfrank M (1997), An Introduction to Fuzzy Control, Springer-Verlag.
6. Lee C.C., (1990) "Fuzzy Logic in Control System: Fuzzy Logic Controller - Parts I, II", IEEE Trans. on System, Man, and Cybernetics, Vol. 20, No 2, 404-435.