کنترل سرعت موتور القايي با استفاده از شبکه ي عصبي

ميثم اقتداري بروجني
دانشده ي برق
دانشگاه يزد
meysameghtedari@yahoo.com

چکيده: در اين مقاله ابتدا مقدمه اي در مورد ويژگي هاي موتورهاي القايي وکنترل آن با استفاده از شبکه عصبي آمده است. در بخش 2 مدل ديناميکي موتور القايي در چارچوب مرجع استاتور معرفي شده است و سپس در بخش 3 شبکه اي عصبي براي کنترل آن معرفي شده است. در اين مقاله از ساختار کنترل کننده ي مدل داخلي بدين منظور استفاده شده است. در بخش 4 نتايج شبيه سازي نشان داده شده است و در نهايت نتيجه گيري به عمل آمده است.

کلمات کليدي: شبکه ي عصبي، موتور القايي، مدل ديناميکي d_q در چارچوب مرجع، کنترل کننده ي مدل داخلي

1_ مقدمه

موتورهاي القايي به دليل مزيت هايي که نسبت به موتورهاي CD دارند، مورد توجه قرار گرفته اند. شايد مشکل اصلي در استفاده از موتورهاي القايي کنترل پيچيده ي آنها باشد. به همين دليل روش هاي کنترلي متنوعي پيشنهاد شده و مورد استفاده قرار گرفته است. يکي از بهترين روش ها کنترل برداري مي باشد؛ که در اين مقاله مورد استفاده قرار گرفته است. ساختار پيچيده و فوق العاده غيرخطي موتورهاي القايي، متغيربا زمان بودن آنها، تغيير پارامترها با شرايط محيطي و کاري متفاوت، از يک طرف و از طرف ديگر حساس بودن اين روش ها موجب شده است تا موضوع بکارگيري کنترل کننده هاي هوشمند وتلفيق آنها با اين روش ها مطرح شود. شبکه هاي عصبي داراي سرعت بسيار بالا در پاسخ گويي به سيستم هاي غير خطي بوده و تا زماني که ورودي ها خيلي غير منتظره نباشند و سيستم به درستي آموزش ديده باشد، مي توانند با خطاي بسيار ناچيز و با دقت خوبي پاسخ مطلوب را حاصل کنند.

2_ معادلات موتور القايي

مدل ديناميکي q_d براي موتور القايي در چارچوب مرجعي که روي استاتور قرار داده شده است به صورت ذيل است [1]_[7].

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i_{ds}^s \\ i_{qs}^s \\ i_{dr}^s \\ i_{qr}^s \end{bmatrix} = \frac{1}{L_\sigma^2}\left(\begin{bmatrix} L_r & 0 & -L_m & 0 \\ 0 & L_r & 0 & -L_m \\ -L_m & 0 & L_s & 0 \\ 0 & -L_m & 0 & L_s \end{bmatrix}\begin{bmatrix} V_{ds}^s \\ V_{qs}^s \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -R_sL_r & \omega L_m^2 & R_rL_m & \omega L_rL_m \\ -\omega L_m^2 & -R_sL_r & -\omega L_rL_m & R_rL_m \\ R_sL_m & -\omega L_sL_m & -R_rL_s & -\omega L_sL_m \\ \omega L_sL_m & R_sL_m & \omega L_sL_m & -R_rL_s \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_{ds}^s \\ i_{qs}^s \\ i_{dr}^s \\ i_{qr}^s \end{bmatrix}\right) \tag{1}$$

که در آن:

$$L_\sigma = \sqrt{(L_sL_r - L_m^2)} \tag{2}$$

و گشتاور الکترومغناطیسي طبق معادله ي (3) مي باشد.

$$T_e = \frac{2pL_m}{3L_r}\left(i_{qs}^s\Phi_{dr}^s - i_{dr}^s\Phi_{qr}^s\right) \tag{3}$$

که در آن:

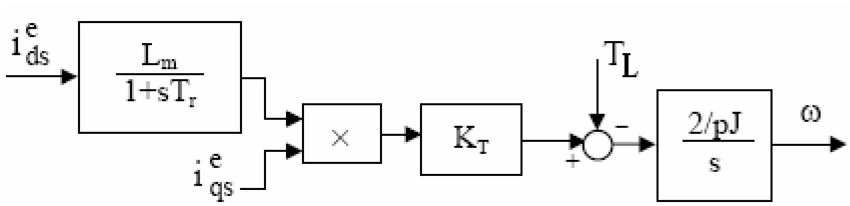
$$\Phi_{ds}^s = L_ri_{dr}^s + L_mi_{ds}^s \quad \text{و} \quad \Phi_{qs}^s = L_ri_{qr}^s + L_mi_{qs}^s \tag{4}$$

در معادله ي (4) مؤلفه هاي شار روتور در چارچوب مرجع استاتور کنترل ميدان گرا(FOC) با فرض ثابت بودن Φ_{dr}^e و صفر بودن Φ_{qr}^e بيان شده اند.

بنابراين معادلاتي که ميدان گرايي را بيان مي کنند، به صورت ذيلند:

$$i_{ds}^{e*} = \frac{1+T_rs}{L_m}\Phi_{dr}^{e*} \quad \text{و} \quad i_{ds}^{e*} = \frac{T_e^*}{K_T\Phi_{dr}^{e*}} \tag{5}$$

که در آن،$T_r = L_r / R_r$ ثابت زماني روتور است.
پس گشتاور روتور و شار مي توانند توسط i_{qs} وi_{ds} کنترل شوند.
همچنينT_e از خطاي سرعت توسط کنترل کننده و با ثابت گرفتن Φ_r^* در هر نقطه کار به دست مي آيد.
به منظور طراحي کنترل کننده از مدل کاهش مرتبه يافته ي موتور القايي استفاده شده است [1]. اين مدل درشکل (1) نشان داده شده است.

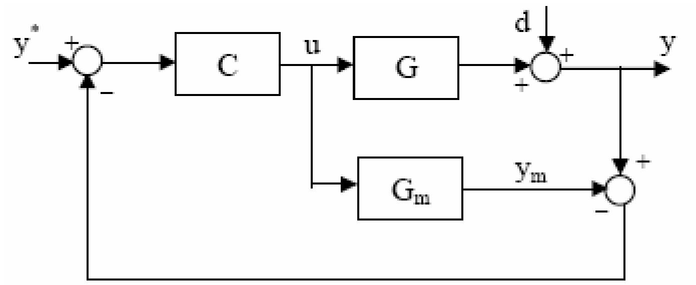


شکل(1). مدل ميدان گراي يک موتور القايي به صورت ساده شده.

که در این شکل، T_L گشتاور مزاحم مي باشد.

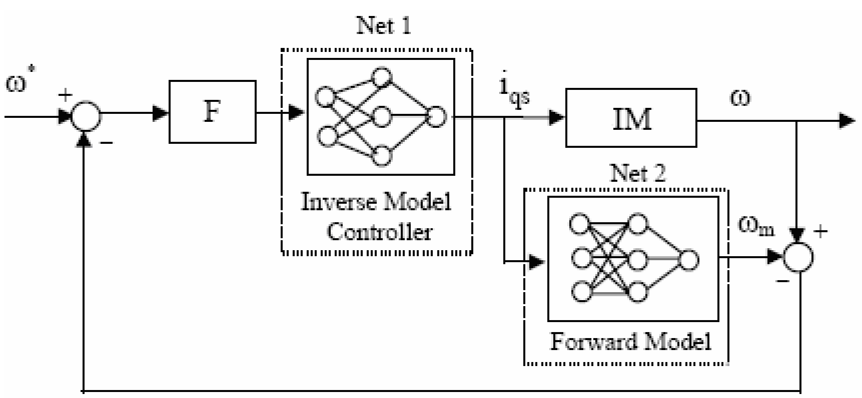
3_ استفاده از شبکه ي عصبي در کنترل کننده ي مدل داخلي(IMC)

مزیت کنترل کننده ي مدل داخلي در این است که چنانچه اغتشاش ثابت باشد، پاسخ بدون offset خواهد بود.
ساختار کنترل کننده ي مدل داخلي در شکل (2) نشان داده شده است [2]،[3].



شکل(2). ساختار کنترل کننده ي مدل داخلي

حاصل $y-y_m$ که به منظور تنظیم سیگنال فرمان y^* استفاده مي شود؛ تخمیني از اغتشاشات وتغییرات سیستم مي دهد.
در شکل(3) از یک شبکه ي عصبي در ترکیب با ساختار کنترل کننده ي مدل داخلي استفاده شده است.



شکل (3). شبکه ي عصبي ترکیب شده با ساختار کنترل کننده ي مدل داخلي

که Net1 و Net2 شبکه هاي عصبي مدل پیشرو و معکوس مي باشند.
F فیلتر جبران ساز مرتبه ي اول مي باشد و به صورت زیر مي باشد:

$$F(z) = (1-\alpha)/(z-\alpha) \qquad 0<\alpha<1 \qquad (6)$$

این فیلتر موجب پایداري سیستم در برابر خطاهاي مدل سازي مي شود.
با مراجعه به شکل(1) تابع تبدیل سرعت به صورت زیر به دست مي آید:

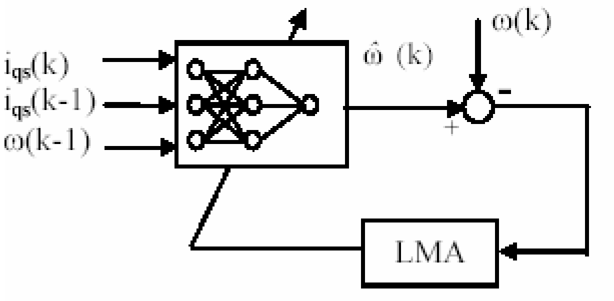
$$\omega = (2/p)(\Phi_r\, i_{qs}\, K_T)/(sJ) = (K_{T'}/s)\, i_{qs} \qquad (7)$$

براي اینکه معادله ي (7) را گسسته نماییم از پریود نمونه برداري T_s استفاده مي نماییم. این امر منجر به معادله ي ذیل مي شود:

$$\omega(k) = \omega(k-1)+K_{T''} [i_{qs}(k)+i_{qs}(k-1)] \qquad (8)$$

که: $K_{T''} = K_{T'} (T_s/2)$

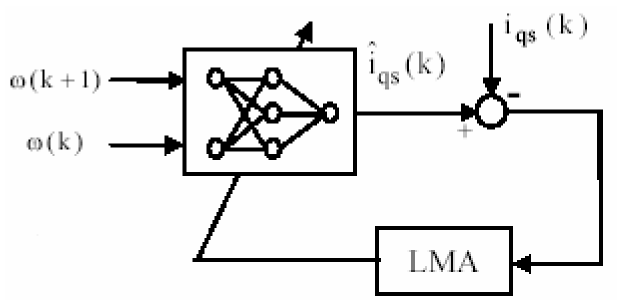
شبکه ي عصبي مورد استفاده براي مدل نمودن Net2 يک پرسپترون چند لايه (MLP) با يک لايه ي ورودي سه نورونه، يک لايه ي پنهان ده نورونه و يک لايه ي خروجي تک نورونه مي باشد. اين شبکه با استفاده از الگوريتم Levenberge_Marquarte(LM) آموزش داده شده است. مهمترين ويژگي اين الگوريتم سرعت بسيار بالاي آن براي شبکه هاي کوچک و متوسط مي باشد[8]. مدل Net2 در شکل (4) نشان داده شده است.



شکل(4). مدل شبکه ي پيشرو Net2

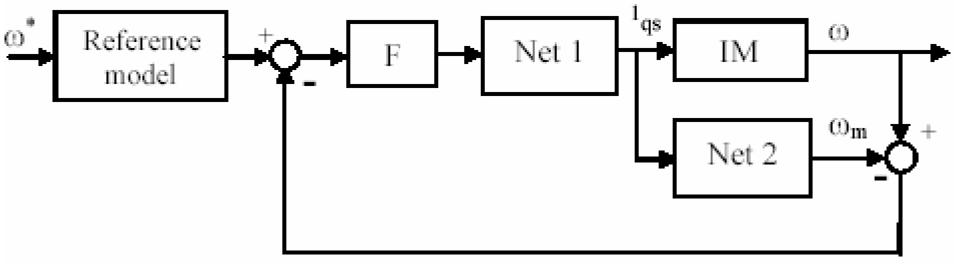
مدل شبکه ي معکوس Net1 نيز همانند شبکه ي پيشرو آموزش داده مي شود. مدل اين شبکه در شکل(5) نشان داده شده است.

مدلهاي Net2 و Net1 بر مبناي مدل کاهش مرتبه يافته ي موتور القايي، داده شده در معادله ي(1)، به دست آمده اند [1]،[2].



شکل(5). مدل شبکه ي معکوس Net2

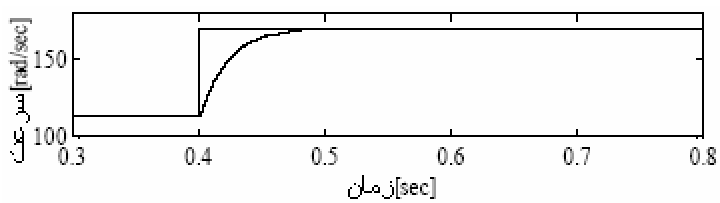
در نهايت، براي برطرف کردن نياز به ω(k+1) مدل مرجع به ابتداي ساختار کنترل کننده ي مدل داخلي اضافه شده است. نمودار جعبه اي نهايي در شکل (6) نشان داده شده است.



شکل(6). ساختار نمودار جعبه اي سيستم

4_ نتايج شبيه سازي

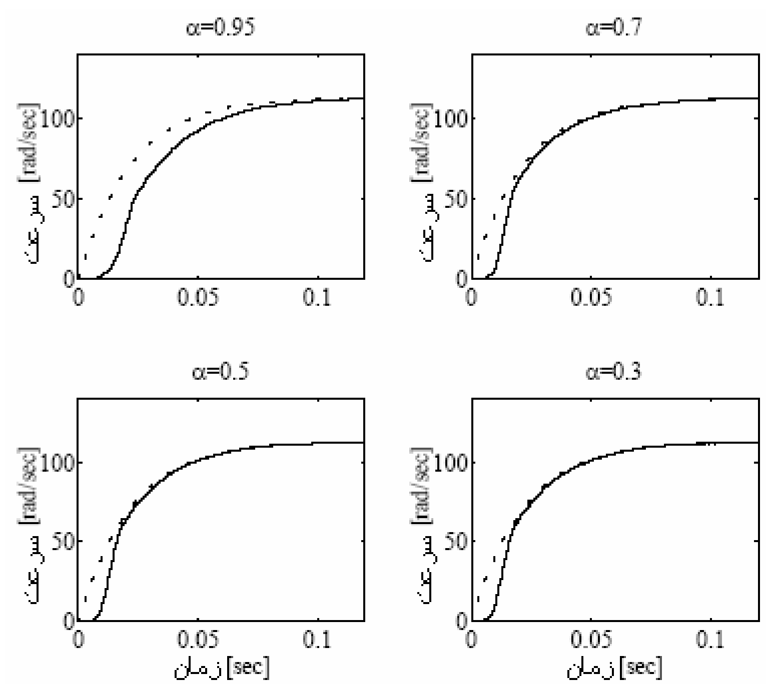
در شكل (7) پاسخ سيستم در برابر تغييرات ناگهاني شرايط داده شده است. در اين بررسي فرض شده است كه مقدار مقاومت روتور دوبرابر شده است، در نتيجه سرعت موتور به طور پله اي به دو برابر مقدار اوليه رسيده است. همان طور كه در شكل ديده مي شود، سيستم به شكلي خوب خود را با شرايط جديد سازگاركرده است و در زماني اندک به سرعت مطلوب رسيده است وهيچ مقدار بالازدگي نيز در پاسخ ديده نمي شود.



شكل(7). دنبال كردن سرعت مطلوب

با توجه به اينكه در عمل شرايط به طور پله اي تغيير نمي نمايد، پس مي توان انتظار داشت كه سيستم رفتار بسيار مطلوبي از خود نشان دهد و با كمترين خطا، سرعت مطلوب را دنبال نمايد.

به منظور ارزيابي تأثير تابع جبران ساز F(z) در پاسخ سيستم، پاسخ سرعت به ازاي مقادير مختلف α در شكل (8) نشان داده شده است [2].



شكل(8). پاسخ سرعت به ازاي مقادير مختلف α

5_ نتيجه گيري

در موتورالقايي به دليل ساختار پيچيده در مدل سازي وتغيير ويژگي هاي آن در شرايط عملياتي مختلف، استفاده از كنترل كننده هاي هوشمند مي تواند بسيار مفيد باشد. در اين مقاله شبكه ي عصبي با كنترل كننده ي مدل داخلي تركيب شد و سپس نتايج شبيه سازي در شرايط متفاوت كاري آورده شده است. همان طور كه در شكل (7) نشان داده شده است سيستم نه تنها موفق به دنبال كردن پاسخ مطلوب مي شود؛ بلكه از پايداري خوبي نيز برخوردار بوده و پاسخ سرعت آن بدون بالازدگي و با زمان نشستي كم خواهد بود.

به منظور به دست آوردن پاسخي مطلوب تر كه بتواند با تغيير شرايط محيطي و تغيير پارامترهاي موتور پايداري مطلوب تري داشته باشد و در ضمن سرعت پاسخ آن نيز بالا باشد؛ مي توان از كنترل كننده هاي عصبي_فازي بهره گرفت[2]،[4]،[9]،[10]،[11].

شايان ذكر است كه به منظور برداشتن سنسور سرعت وتخمين سرعت موتور مي توان از يک شبكه ي عصبي مجزا بهره گرفت.[2]،[6]،[9]،[10]،[12].

6_ مراجع

[1] كراوز، تحليل ماشين هاي الكتريكي، سقائيان نژاد، م، نيک خواجويي، ح، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتي اصفهان، 1376

[2] Denai, M.A., Attia, S.A., “Fuzzy and neural control of an induction motor” , pp. 2_3.

[3] Jinhwan, J., and Kwanghee, N.,” A dynamic decoupling control scheme for high-speed operation of induction motors “, IEEE Trans. Ind. Electronics, Vol. 46, pp.100_ 103, 1999.

[4] Alexandru, M.,Bojoi, R., Ghelardi, G., Tenconi, S.M. , “An AC motor closed loop performances with different rotor flux observers”, pp.1_ 3.

[5] Pinto, J.O.P. , Bose, B.K. , Borges da silva, L.E., “A stator-flux-oriented vector-controlled induction motor drive with space-vector PWM and flux-vector synthesis by neural network” , IEEE Trans. Ind. Applications, Vol. 37, pp. 1309_1310, 2001.

[6] Kim, S.H., Park , T.S., Yoo, J.Y. and Park , G.T., “Speed-sensorless vector control of an induction motor using neural network speed estimation”, IEEE Trans. Ind. Electronics, Vol. 48, pp.609-610, 2001.

[7] Ozpineci, B., Tolbert, L.M., “Simulink implementation of induction machine model_ A modular approach”,pp. 1_ 3.

[8] Si, J. and Zhou, G., “A reduced memory Levenberg _ Marquardt algorithm” , IFAC 13th Triennal World Congress, San Francisco, USA, pp.233-236, 1996.

[9] Lorenz, R.D., “Advances in Electric Drive Control”, Conf. Rec. of IEMDC’99-International Electric Machines and Drives Conf., Seattle, pp. 9_18, 1999

[10] Jurado, F., Castro, M., Carpio, J., and Rivilla, I.,” Experience with neural network and fuzzy logic in an electrical engineering control course”, 31st ASEE/IEEE frontiers in education conference,2001.

[11] Magureanu, R., Ilias, C., Bostan, V., Cuibus, M., Radut, V., “Luenberger, kalman, neural observers and fuzzy controllers for speed induction motor control”, Department of Electrical Engineering, Politechnical University of Bucharest, pp.1_6.

[12] Elbuluk, M.E., Tong, L. and Husain, I., “Neural-network-based model reference adaptive systems for high-performance motor drives and motion controls”, IEEE Trans. Ind. Applications, Vol. 38, pp.879_885, 2002.