

کنترل موقعیت موتور القایی قفس سنجایی تغذیه شده با اینورتر ولتاژ به روش کنترل برداری جریان به طور غیر مستقیم در راستای شار روتور

احسان کرمی

جلال نظرزاده

استادیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شاهد

karamiehsan@yahoo.com

چکیده: در این مقاله سعی می‌شود تا یک موتور نمونه القایی برای کنترل برداری موقعیت بررسی شود و نشان دهیم که دینامیکی همچون یک موتور جریان مستقیم با تحریک مستقل داشته، علاوه بر آنکه معایب موتورهای DC، از قبیل تعمیرات دوره‌ای، کموتاسیون و ... مرتفع شده است. هدف از کنترل برداری، کنترل مستقل شار و گشتاور از یکدیگر می‌باشد.

کلمات کلیدی: اینورتر ولتاژ، شار روتور راستا، کنترل برداری، موتور القایی قفس سنجایی.

۱- مقدمه:

موتورهای DC به طور گسترده در سطوحی که عملکرد سرعت متغیر نیاز است، به کار می‌رود، چون شار و گشتاور آنها به سادگی می‌تواند با میدان و جریان آرمیچر کنترل شود. به ویژه، موتور DC تحریک مستقل به طور عمده برای کاربردهایی که نیاز به پاسخ سریع و کارکرد چهار ربعی با عملکرد بالا در نزدیکی سرعت صفر دارد، استفاده می‌شود، موتورهای DC، به خاطر وجود کموتاتور و جاروبک‌ها، معایبی از قبیل نیاز به تعمیرات دوره‌ای، محدودیت کار در شرایط سرعت و ولتاژ بالا و ... دارند. این مشکلات با استفاده از موتورهای جریان متناوب که ساختمانی ساده و سخت دارند و بسیار اقتصادی‌اند، قابل رفع می‌باشند. ابعاد کوچک آن در مقایسه با موتورهای DC، به موتورهای ac اجازه می‌دهد تا به طور کلی با مقادیر خروجی بالاتر به ازای جرم دوار کمتر طراحی شوند.

از میان سیستم‌های راه‌انداز مختلف ac، آنهایی که شامل موتور قفسه‌ای می‌باشند، مزیتی ویژه و عملی دارند. موتور قفسه‌ای ساده و مقاوم بوده، یکی از ارزانترین ماشین‌هایی است که در هر اندازه توان قابل دستیابی است. تکنیک‌های کنترل برداری شامل ریزپردازنده‌های سریع، به کارگیری درایوهای موتور القایی و موتور سنکرون با عملکرد بالا در جاهایی که تنها درایوهای DC سنتی در گذشته به کار برده می‌شدند، را ممکن کرده است. در گذشته چنین تکنیک‌های کنترلی به خاطر سخت افزار پیچیده و نرم افزار لازم برای حل مسائل پیچیده کنترلی امکان پذیر نبود. کنترل گشتاور ماشین‌های ac همچون ماشین‌های DC با کنترل جریان‌های موتور نیز قابل دستیابی است. گرچه بر خلاف یک ماشین DC، در یک ماشین ac هم زاویه فاز و هم اندازه جریان باید کنترل شود، به عبارت دیگر، بردار جریان باید کنترل شود که این دلیل اصطلاح "کنترل برداری" است. علاوه بر این، در ماشین‌های DC، راستای شار میدان و mmf آرمیچر توسط کموتاتور و جاروبک ثابت نگه داشته می‌شود، در حالی که در ماشین‌های ac، راستای شار میدان و mmf آرمیچر به کنترل خارجی نیاز دارد و در صورت عدم وجود این کنترل، اندازه زوایای بین میدان‌های مختلف در ماشین‌های ac با بار تغییر می‌کند و یک پاسخ نوسانی ناخواسته حاصل می‌شود. با کنترل برداری ماشین‌های ac، مؤلفه‌های جریان تولید کننده شار و گشتاور مجزا می‌شوند و ویژگی‌های پاسخ گذرا شبیه به ویژگی‌های ماشین DC تحریک مستقل می‌شود و سیستم با هر اغتشاش بار یا تغییرات مقادیر مرجع به همان سرعت ماشین DC تطبیق می‌یابد.

۲- مدل ریاضی و کنترل برداری:

معادلات توصیف کننده یک موتور القایی قفس سنجابی، در حوزه فازور فضایی در مرجع ساکن به صورت زیر به دست خواهند آمد:

$$\vec{u}_s = R_s \vec{i}_s + \frac{d\vec{\psi}_s}{dt} \quad (۱)$$

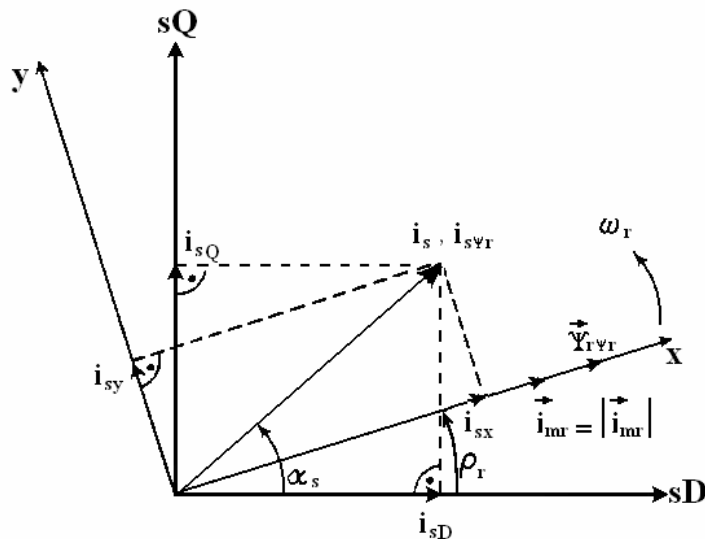
$$\vec{u}_r' = R_r \vec{i}_r' + \frac{d\vec{\psi}_r'}{dt} - j\omega_r \vec{\psi}_r' \quad (۲)$$

$$T_e = \frac{3}{2} P \frac{L_m}{L_r} \vec{\psi}_r' \times \vec{i}_s \quad (۳)$$

$$T_e - T_{Load} = J\dot{\omega}_r + D\omega_r \quad (۴)$$

در اینجا، تاکید می کنیم که مؤلفه صفر جریان استاتور را در طول اعمال کنترل برداری صفر فرض خواهیم کرد. از معادلات فوق، مدل دو محوری به دست می آید که می توان معادلات حالت ماشین را برای پیاده سازی به دست آورد:

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_{sx} \\ \dot{i}_{sy} \\ \dot{i}_{rx} \\ \dot{i}_{ry} \\ \dot{\omega}_r \end{bmatrix} = \frac{1}{L_s L_r - L_m^2} \begin{bmatrix} -R_s L_r i_{sx} + L_m^2 \omega_r i_{sy} + R_r L_m i_{rx} + L_m L_r \omega_r i_{ry} \\ -L_m^2 \omega_r i_{sx} - R_s L_r i_{sy} - L_m L_r \omega_r i_{rx} + R_r L_m i_{ry} \\ R_s L_m i_{sx} - L_s L_m \omega_r i_{sy} - R_r L_s i_{rx} - L_s L_r \omega_r i_{ry} \\ L_s L_m \omega_r i_{sx} + R_s L_m i_{sy} + L_s L_r \omega_r i_{rx} + R_r L_s i_{ry} \\ -3PL_m/2J (i_{sx} i_{ry} - i_{sy} i_{rx}) - D\omega_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_r u_{sx} \\ L_r u_{sy} \\ -L_m u_{sx} \\ -L_m u_{sy} \\ -T_{load} \end{bmatrix} \quad (۵)$$



شکل ۱- فازورهای فضایی جریان استاتور و شار پیوندی روتور در چارچوب مرجع ساکن و در چارچوب مرجع خاص نصب شده بر فازور فضایی شار پیوندی روتور.

در این روش، معادلات فازور فضایی تحت شرایط حالت ماندگار به شکل زیر در می آید:

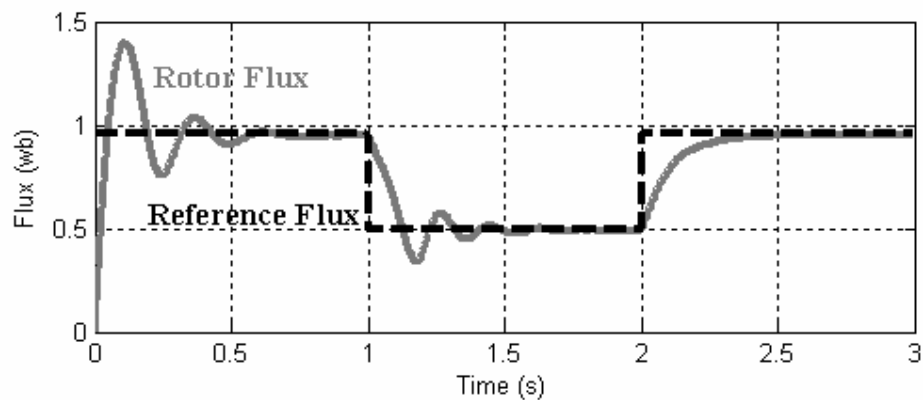
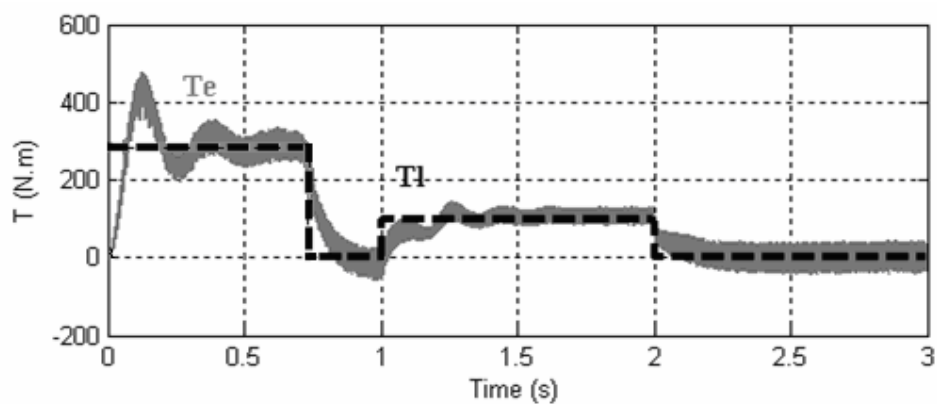
$$T_e = \frac{3}{2} P \frac{L_m}{L_r} \psi_r' i_{sq} \quad (۶)$$

$$i_{sd} = \frac{\Psi_r}{L_m} \quad (V)$$

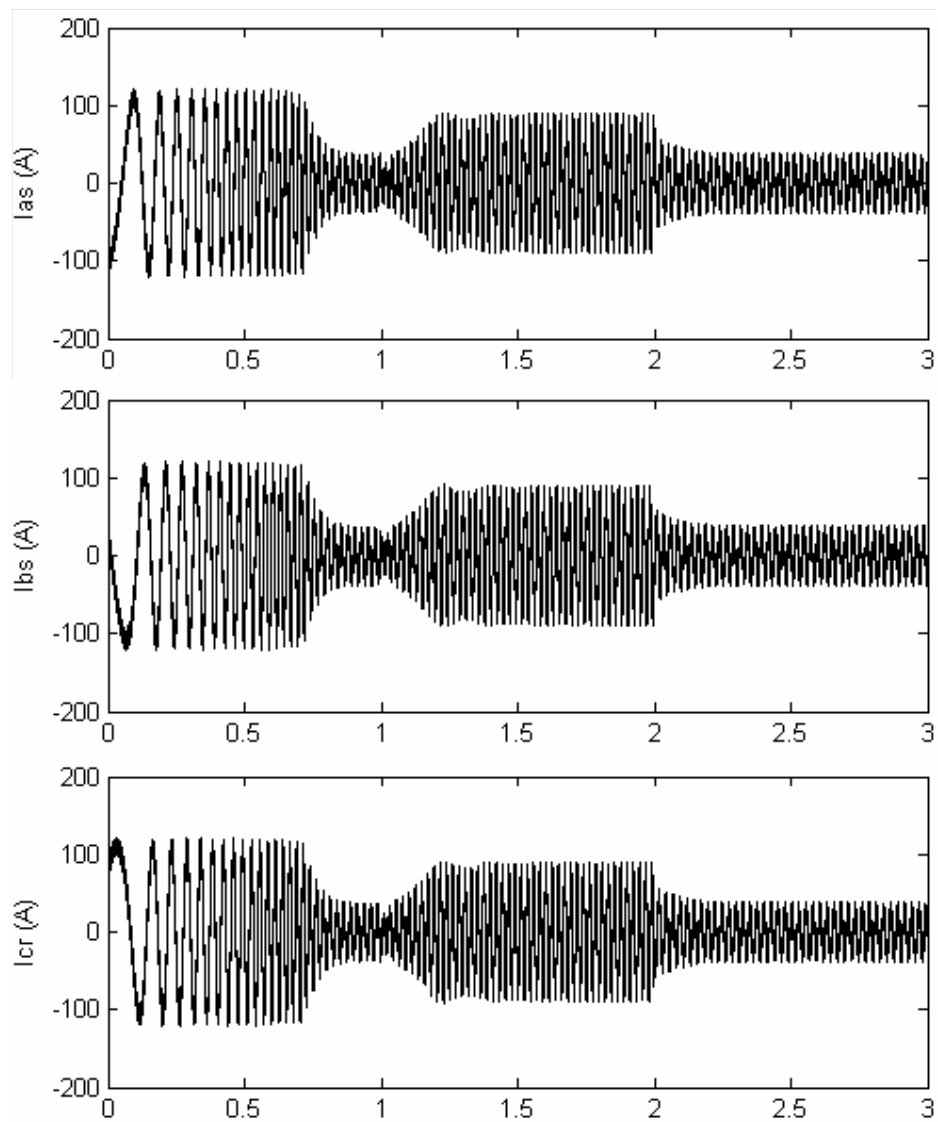
کنترل‌های موقعیت و سرعت از نوع PI می‌باشند. تا پیش از سرعت پایه که در اینجا سرعت سنکرون است، شار ثابت می‌ماند و پس از آن با افزایش سرعت به طور معکوس با سرعت کاهش می‌یابد. نتایج به دست آمده از شبیه سازی یک موتور القایی با مشخصات داده شده در جدول (۱)، به شکل زیر می‌باشد:

مشخصات موتور القایی قفس سنجابی کنترل برداری شده			
Power = 50HP	$R_s = 0.087\Omega$	$L_{ls} = 0.8\text{mH}$	$D = 0.1\text{N}$
$V_{L-L} = 460\text{V}$	$R'_r = 0.228\Omega$	$L_{lr} = 0.8\text{mH}$	No.Poles = 4
$f = 60\text{Hz}$	$L_m = 34.7\text{mH}$	$J = 1.662\text{Kg.m}^2$	-----

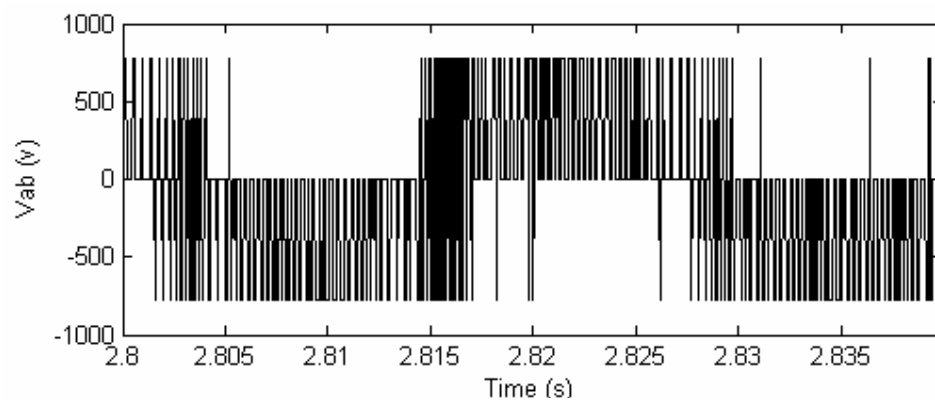
جدول ۱- مشخصات موتور به کار برده شده در شبیه سازی.



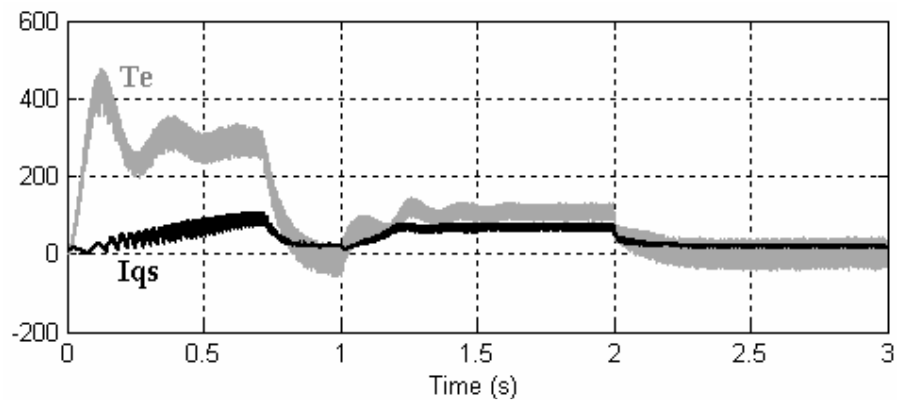
شکل ۳- کنترل شار و گشتاور به طور مستقل از یکدیگر.



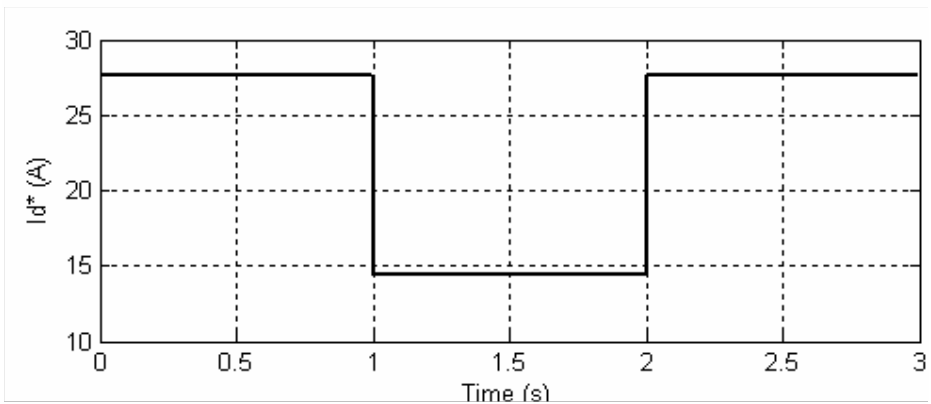
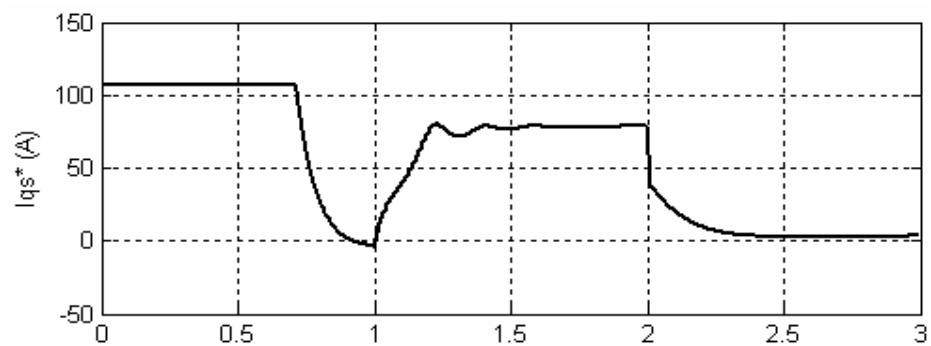
شکل ۴- جریان سه فاز استاتور در طول عملکرد حالت گذرا تا حالت مانا.



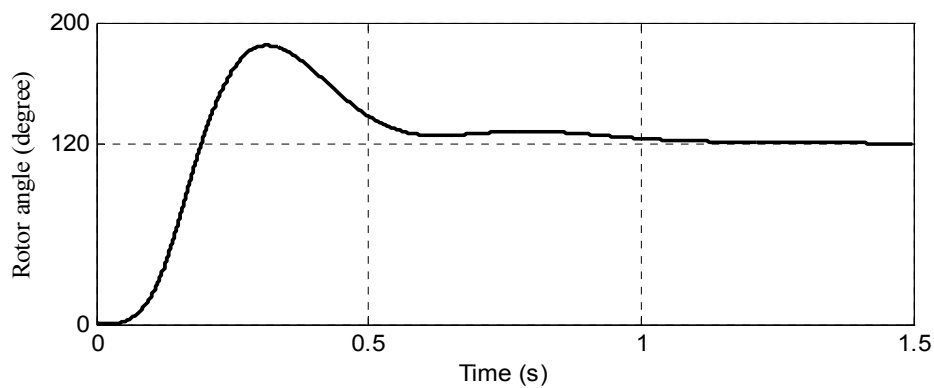
شکل ۵- بخشی از ولتاژ خط ورودی به استاتور موتور.



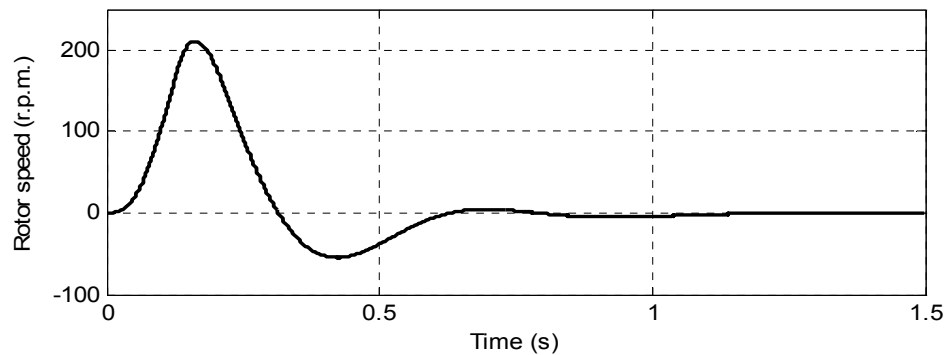
شکل ۶- مؤلفه قائم جریان استاتور پس از حالت گذرا متناسب با گشتاور تغییر می‌کند.



شکل ۷- مؤلفه قائم و مستقیم جریان مرجع استاتور.



شکل ۸- پاسخ موتور به ورودی موقعیت جهت چرخش به اندازه ۱۲۰ درجه.



شکل ۹- نحوه سرعت گیری موتور تا رسیدن به موقعیت مطلوب.

زمان نشست و درصد فراجهش برای پاسخ موقعیت و سرعت موتور، توسط کنترلرهای موقعیت و سرعت تعیین می‌شوند.

۴- نتیجه گیری:

به کمک کنترل برداری، می‌توان پاسخ یک ماشین DC تحریک مستقل را از یک ماشین ac به دست آورد در حالی که معایب موتور DC را نیز نخواهیم داشت.

۵- مراجع:

- [1] Ion.Boldea and Syed A.Nasar, **VECTOR CONTROL OF AC DRIVES**, clarendon press oxford, 1994.
- [2] Peter Vas, **VECTOR CONTROL OF AC MACINES**, CRC press, Inc., 1992.
- [3] Krause, P.C., O. Wasynczuk, and S.D. Sudhoff, **Analaysis of Electric Machinery**, IEEE Press, 1995.
- [4] Mohan, N., T.M. Undeland, and W.P.Robbins, **Power Electronics: Converters, Applications, and Design**, John Wiley & Sons. Inc., New York, 1995.