|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Description: sutech-arm.gif**  **دانشگاه صنعتي شیراز**  **دانشکده مهندسی برق** | **پیشنهاد موضوع تحقیق پایان نامه دانشجویان کارشناسی ارشد**  **فرم شماره 1** | **شماره:**  **تاريخ**: |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| رشته و گرایش:الکترونیک قدرت و ماشینهای الکتریکی | شماره دانشجویی: | | نام و نام‌خانوادگی: |
| آدرس: | | | |
| آدرس پست الکترونیکی: | | | |
| تلفن همراه: | | تلفن:--- | |
| ----------------------------------------------------------------------------  استاد راهنما: دکتر اکبر رهیده  ----------------------------------------------------------------------------  **عنوان به فارسی: طراحی بهینه موتور آهنربا دائم بدون جاروبک خطی مسطح**  ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  **عنوان به انگلیسی:**  **Optimum Design of Brushless Permanent Magnet Planar Machine**  ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  1- مقدمه :  موتور مسطح دارای مزایای از قبیل حرکت در دو جهت است، بنابراین در زمینه های مختلفی از جمله عملیات موتور­کاری ، تولید محصولات الکترونیکی و حتی ربات درایو استفاده شده است. تاکنون برخی از انواع موتورهای مسطح مورد بررسی قرار گرفته است. طبق اصول کارکرد آنها ، اکثر موتورهای مسطح را می توان به سه نوع تقسیم کرد، به عنوان مثال، موتور مسطح رلوکتانسی، موتور القایی مسطح و موتور مسطح آهنربا دائم سنکرون(SPMPM). در میان آنها ، موتور مسطح آهنربا دائم مزایای کم هزینه ، ساختار ساده ، نسبت تبدیل توان بالا و غیره را دارد. با توجه به مزایای فراوان موتور­های آهنربا دائم مانند چگالی گشتاور بالا، کنترل ساده، ضریب توان و بازده بالا استفاده از این نوع موتور­ها در صنعت رو به توسعه می­باشد[1]. در کنار مزایای فراوان این موتور­ها ریپل گشتاور عیب اصلی آن­ها می­باشد. بخش اصلی ریپل گشتاور در موتور آهنربا دائم را گشتاور دندانه تشکیل می­دهد. برای موتورهای دوار ریپل گشتاور و گشتاوردندانه عیب اصلی و برای موتورهای خطی نیروی دندانه و ریپل نیرو عیب موتور تلقی می­گردد. روش­های کاهش نیرو دندانه شامل بهینه­سازی پارامترهای استاتور و روتور است. برخی از روش­ها بهینه سازی بین اکثر موتور­های آهنربایی مشترک می­باشد(شکل­دهی آهنربا، مورب کردن ورقه­های استاتور و آهنربا روتور و...). هر کدام از روش­های کاهش ریپل گشتاور مزایا و معایبی دارند و با توجه به نوع موتور ترکیب تعداد قطب و شیار استاتور هر موتور کارایی روش تغییر می­نماید. برای مثال برای موتور­های با تعداد قطب بالا روش تکه تکه کردن آهنربا شاید روش کار امدی نباشد. بنابراین با توجه به نوع موتور و پارامترهای موتور باید روش بهینه سازی انتخاب گردد.  ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  2- پیشینه تحقیق:  در روش‌هاي ارايه شده براي کاهش گشتاور دندانه یا نیروی دندانه، بهينه نمودن ساختار هندسي رتور و يا استاتور مورد نظر و استفاده بوده است. روش‌هاي اعمال شده بر روي هندسه‌ي استاتور شامل ساختار دهانه باز شیار استاتور[[1]](#footnote-1)[2]، بهینه سازی ابعاد دندانه استاتور[3]، بهینه نمودن ارتفاع و طول دهانه باز شیار استاتور[4] و مورب کردن ورقه­های استاتور[5] است. روش­های طراحی روتور مانند مورب کردن اهنربا روتور[6-8]، جابجایی آهنربا[9]، استفاده از آهنربا یا دندانه با توزیع PWM [10] و بهینه سازی طول کمان آهنربا[11] در مقالات اخیر بررسی شده است. یکی از روش­های کاهش ریپل نیرو و گشتاور استفاده از آهنربا با سطح کسینوسی است[12-13].  هدف در مقاله [14]، افزایش همزمان چگالی نیرو و کاهش ریپل نیرو در ماشین خطی آهنربایی است. در مقاله[15] تاسیر ساختارهای مختلف آهنربا در بیشینه گشتاور و ولتاژ ضدمحرکه بررسی شده است.  در ساختار موتور آهنربا دائم خطی مسطح می­توان از روش­های ذکر شده برای کاهش نیرو دندانه استفاده نمود. در مقاله [16] سه ساختار برای چیدمان آهنربا روتور بررسی شده است، نمودار چگالی شار و شار را در فاصله هوایی برای هر ساختار بدست امده است. در این مقاله اثر چیدمان­های مختلف بر روی ریپل نیرو بررسی نشده است. در مقاله]17[ ، یک ساختار ساده و کارآمد از آرایه آهنربای دائمی ارائه شده است. از روش جریان مغناطیسی معادل (EMC) برای تحلیل آرایه پیشنهادی استفاده شده است.  در مقاله ]18[ یک روش جدید چیدمان آهنربا برای ماشین آهنربا مسطح ارائه شده است. در مقاله ]19[ ماشین شار سوئیچینگ مسطح مورد بررسی قرار گرفته است. هدف بهینه سازی در این مقاله افزایش متوسط نیرو در حالت برداری و کاهش نیروی دندانه در حالت بی باری است.  در مقاله ]20[ برای کاهش نیروی دندانه ماشین آهنربا مسطح از دو روش استفاده شده است. در روش اول بهینه سازی ساختار ماشین ( بهینه سازی ساختار آهنربا ) انجام شده و در روش دوم از روش های کنترلی در درایو استفاده شده است. اساس روش اول کاهش دامنه هارمونیک های فضایی و اساس روش دوم بهبود هارمونیک­های زمانی است .  در مقاله ]21 [ : نیروی الکترو مغناطیسی بر ماشین درراستایی محور y با استاتور شیار دار به صورت تحلیلی بدست امده است ویژگی این مقاله نسبت به مقالات گذشته استفاده از استاتور شیار دار با دو ساختار سیم پیچی در راستای محور x و y می باشد.  ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  3- تعریف مسئله، هدف، ضرورت اجرای طرح پایان نامه:  با توجه به موفقيت­هاي مهم مواد مغناطيس دائم و قطعات الكترونيك قدرت، ماشين­هاي بدون جاروبك تحريك شده با آهنربا بصورت گسترده اي رشد يافته­اند. مشکل اساسی این موتور­ها ریپل گشتاور و گشتاور دندانه بالا (در موتور خطی ریپل نیرو و نیروی دندانه) می­باشد. همانطور که در پیشینه تحقیق بیان شد روش­های طراحی مختلفی برای کاهش گشتاور دندانه در موتور دوار یا نیروی دندانه در موتورهای خطی ارائه شده است. بسیاری از روش­های کاهش نیروی دندانه قابل استفاده در ساختار موتور مسطح می­باشد. در برخی از مقالات اهداف همزمان کاهش نیرو یا گشتاور دندانه و افزایش چگالی گشتاور یا نیرو است.  از آن جهت که موتور مسطح خطی قابلیت حرکت در دو جهت را دارد، در بهینه سازی آهنربا باید ابعاد در راستای x وy بهینه گردد. هدف در پایان­نامه، بهینه سازی ماشین آهنربا خطی مسطح با تابع چند هدفه است. اهداف بهینه سازی کاهش نیروی دندانه و افزایش متوسط نیرو ماشین است.  در گام اول یک موتور نمونه در نرم افزار ماکسول شبیه سازی می­نماییم. چگالی شار، شار، ولتاژ ضدمحرکه، نیروی دندانه و سایر نتایج موتور را بدست می­آوریم. در گام بعدی روش­های مختلف در کاهش نیروی دندانه در موتور­های مسطح خطی بررسی و مقایسه می­گردد و تاثیر روش­های مختلف بر چگالی نیرو نیز بررسی می­گردد. روش­های مورد مطالعه می­تواند بهینه سازی طول آهنربا، چیدمان آهنربا، ساختار هندسی آهنربا، مورب کردن و... باشد. تاثیر هریک از روش­ها در کاهش نیروی دندانه و افزایش متوسط نیرو مورد بررسی قرار می­گیرد و عملکرد هر روش با سایر روش­ها مقایسه می­گردد. از ترکیب روش­ها نیز استفاده می­گردد (برای مثال بهینه سازی همزمان طول آهنربا و مقدار جابه جایی آهنربا) و پارامترهای بهینه موتور با هدف کاهش نیروی دندانه بدست می­آید. همچنین حساسیت پارامترهای موتور به نیروی دندانه بررسی می­گردد (برای مثال نیم میلی متر خطا در ساخت چه تاثیری در دامنه نیروی دندانه دارد).  در نهایت مقایسه­ای بین روش­ها و معایب و مزایای آن­ها ارائه می­شود و روش­های کار امد با پارامترهای بهینه ارائه می­شود.  ..................... ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  4- روش ها و فنون اجرائی طرح پایان نامه:  مراحل انجام کار عبارتند از:  1-مطالعه‌ي اصول کار ماشين هاي آهنربایی و مسطح خطی.  در گام اول مقالات اخیر در مورد ماشین­های آهنربایی و آهنربا خطی مورد مطالعه قرار می­گیرد، مزایا و معایب ماشین­ها بررسی می­شود. چالش­های مربوط به ماشین­آهنربا خطی مسطح در مقالات مطالعه می­شود. بر اساس مطالعات فصل نخست، ادبیات تحقیق و پیشینه تحقیق نگارش می­شود.  2-مطالعه درمورد نیروی دندانه و اثرات آن در موتور­های آهنربایی  تاثیر روش­های مختلف بر روی نیروی دندانه و چگالی نیرو مورد مطالعه قرار می­گیرد. روش مقالات در کاهش نیروی دندانه، افزایش چگالی نیرو و بهینه سازی ماشین­های آهنربایی مورد مطالعه قرار می­گیرد.  3-آشنايي با روش المان محدود  در مورد اساس روش المان محدود، اصول مش­بندی، روش حل و... مطالعه می­گردد. مزایا و معایب روش المان محدود مورد مطالعه قرار می­گیرد.  4-آشنایی با نرم افزار ماکسول  در مورد نرم افزار ماکسول مطالعه می­شود. یک ماشین نمونه در نرم افزار ماکسول شبیه سازی می­شود و نتایج آن بدست­ می­آید. نتایج نیرو، ریپل نیرو، نیروی دندانه و... بدست می­آید.    5-کاهش نیروی دندانه و افزایش چگالی نیرو با بهینه سازی پارامترهای موتور  یک تابع هدف چند متغیره تعریف می­شود. اهداف تابع می­تواند افزایش چگالی نیرو و کاهش نیروی دندانه بطور همزمان باشد. با اعمال محدودیت­ها تابع مقادیر بهینه پارامترهای روتور و استاتور بدست می­آید. از چندین روش طراحی بهینه استفاده می­گردد و در نهایت تاثیر روش­های مختلف با یکدیگر مقایسه می­گردد.  برای انجام شبیه سازی­ها از نرم افزار Maxwell استفاده خواهد شد.  ............... ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  5- مراجع :  [1] M. Cheng, W. Hua, J. Zhang, and W. Zhao, “Overview of stator permanent magnet brushless machines,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 58, no. 11, pp.5087-5101, Nov. 2011.  [2] [S. Ouagued](https://ieeexplore.ieee.org/author/37085357785), [Y. Amara](https://ieeexplore.ieee.org/author/37266879600), [G. Barakat](https://ieeexplore.ieee.org/author/37323756000), "Cogging Force Analysis of Linear Permanent Magnet Machines Using a Hybrid Analytical Model"  [IEEE Trans. Magn,](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=20) vol. 52, [no. 7](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=7498694), Jul. 2016.  [3] [D. Lo,](https://ieeexplore.ieee.org/author/37086260639) [H. Lawali,](https://ieeexplore.ieee.org/author/37086484065) [Y. Amara,](https://ieeexplore.ieee.org/author/37266879600) [G. Barakat,](https://ieeexplore.ieee.org/author/37323756000) [F. Chabour](https://ieeexplore.ieee.org/author/37085787464), "Computation of Cogging Force of a Linear Tubular Flux Switching Permanent Magnet Machine Using a Hybrid Analytical Modeling" [2018 IEEE International Magnetics Conference (INTERMAG)](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/8484958/proceeding), Singapore, 25 Oct. 2018.  [4] D. Wang, H. Lin, H. Yang, Y. Zhang, and K. Wang, " Cogging Torque Optimization of Flux Memory Pole-changing Permanent Magnet Machine" [IEEE Trans. Applied Superconductivity](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=77), vol. 26, [no. 4](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=7377157), June. 2016.  [5] Y. Ueda, and H. Takahashi, " Transverse-Flux Motor Design with Skewed and Unequally Distributed Armature Cores for Reducing Cogging Torque"  [IEEE Trans. Magn,](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=20) vol. 53, [no. 11](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=7498694), Nov. 2017.  [6] X. Ge, Z.Q. Zhu, G. Kemp, D. Moule, and C. Williams, " Optimal Step-Skew Methods for Cogging Torque Reduction Accounting for Three-Dimensional Effect of Interior Permanent Magnet Machines " [IEEE Trans. Energy Conv,](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=60) vol. 32 , [no.1](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=7866903), Mar. 2017.  [7] L. Xu, Y.Xu, and J. Gong, "Analysis and Optimization of Cogging Torque in Yokeless and Segmented Armature Axial-Flux Permanent-Magnet Machine With Soft Magnetic Composite Core" [IEEE Trans. Magn,](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=20) vol. 54, [no. 11](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=7498694), Nov. 2018.  [8] J. W. Jiang, B. Bilgin, Y. Yang, A. Sathyan, H. Dadkhah, A. Emadi, " Rotor skew pattern design and optimization for cogging torque reduction" [IET Electrical Systems in Transportation](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=5704588), vol. 6, [no. 2](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=7471579), Jun. 2016 .  [9] J. Gao, G. Wang, X. Liu, W. Zhang, Sh. Huang, H. Li, " Cogging Torque Reduction by Elementary-Cogging-Unit Shift for Permanent Magnet Machines"  "  [IEEE Trans. Magn,](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=20) vol. 53, [no. 11](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=7498694), Nov. 2017. [10] S. A. Afsari, "Rotor Pole Design of Radial Flux Magnetic Gear for Reduction of Flux Density Harmonics and Cogging Torque" [IEEE Trans. Applied Superconductivity](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=77), vol. 29, [no. 8](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=8759006), Dec. 2019. [11] X. Zhu, and W. Hua, “An Improved Configuration for Cogging Torque Reduction in Flux-Reversal Permanent Magnet Machines” IEEE Trans Magn, vol. 54, [no. 6](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=7498694), Jun. 2017.  [12] Zh. S. Du, and T. A. Lipo “High Torque Density and Low Torque Ripple Shaped-Magnet Machines Using Sinusoidal Plus Third Harmonic Shaped Magnets” [IEEE Trans on Industry Applications](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=28), vol. 55, [no. 3](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=8694107), May-June 2019.  [13] Y. P. Yang and M.-T. Peng, “A Surface-Mounted Permanent-Magnet Motor With Sinusoidal Pulsewidth-Modulation-Shaped Magnets” IEEE Trans. Magn., vol.55 , [no. 1](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=8581524), pp. 1-7, Jan. 2019.  [14] Y. Huo, R. Qu, Y. Gao, Sh. Jia, X. Fan, "Design of a Linear Vernier Permanent Magnet Machine with High Thrust Force Density and Low Thrust Force Ripple" [2017 IEEE International Electric Machines and Drives Conference (IEMDC)](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/7995554/proceeding), Miami. FL. USA, 21-24 May 2017.  [15] J. Zheng, W. Zhao, "Improvement Torque Performances of Interior Permanent-Magnet Machines" [CES Transactions on Electrical Machines and Systems](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=7873789), vol.3 , [no. 1](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=8581524), pp. 12-18, March. 2019.  [16] H. Rui, W. Shihong, "Characteristics Analysis of the Synchronous Permanent Magnet Planar Motor with New Permanent Magnet Array" IEEE. International Conference on Mechatronics and Automation, Chengdu, China. Aug. 2012.  [17] H. Rui, F. Jian, "Magnetic Field Analysis of Permanent Magnet Array for Planar Motor Based on Equivalent Magnetic Charge Method" Proceedings of the 10 th World Congress on Intelligent Control and Automation, Jul. 2012.  [18] L. Zhang, B. Kou, L. Li,B. Zhao, "Modeling and Design of an Integrated Winding Synchronous Permanent Magnet Planar Motor" IEEE. Trans. on Plasma Science, vol. 41, no. 5, May. 2013.  [19] H. J. Hu, G. Zh. Cao, S.D. Huang, Ch. Wu, J.Ch. Guo, "Design and Analysis of a Planar Flux-Switching Permanent Magnet Motor" IEEE. Trans. on Magn, vol. 54, no. 11 Nov. 2018.  [20] G. Martinez, J. Atencia, "Reduction of detent force in flat Permanent Magnet Linear Synchronous Machines by means of three different methods" IEEE. International Electric Machines and Drives Conference, 2003.  [21] J. Cao, Y. Zhu, W. Yin, and W. Xu, "Electromagnetic Forces Acting on the Planar Armature of a Core-Type Synchronous Permanent-Magnet Planar Motor,"  IEEE. Trans. on Magn, vol. 45, no. 8, Aug. 2009.  .........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  تجهیزات مورد نیاز:  ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  هزینه‌های پیش‌بینی شده:  ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  جمع کل هزینه: ..................................................... (به‌حروف ) ريال  - منابع تأمین بودجه مورد نیاز  ..........................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  6-جدول زمان بندی مراحل انجام دادن تحقیق از زمان تصویب یا دفاع نهایی   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | تاریخ تصویب | از تاریخ | تا تاریخ | | | مطالعات کتابخانه ای |  |  | | | جمع آوری اطلاعات |  |  | | | تجزیه و تحلیل داده ها |  |  | | | نتیجه گیری و نگارش پایان نامه |  |  | | | تاریخ دفاع نهایی |  | | | | طول مدت اجرای تحقیق |  | | | | | |
|  | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Description: sutech-arm.gif**  **دانشگاه صنعتي شیراز**  **دانشکده مهندسی برق** | **پیشنهاد موضوع تحقیق پایان نامه دانشجویان کارشناسی ارشد**  **فرم شماره 1** | **شماره:**  **تاريخ**: |
| مالکیت نتایج: کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج تحقیق پایان نامه متعلق به دانشگاه و انتشار نتایج نیز تابع مقرارت دانشگاهی است و با موافقت استاد راهنما صورت می گیرد.  تاریخ امضاء دانشجو  ریاست محترم گروه :  در صورت تصویب موضوع تحقیق پیشنهادی بدینوسیله آمادگی خود برای راهنمائی دانشجو در کلیه مراحل انجام و ارائه تحقیق و مشارکت در ارزیابی پایان نامه بر اساس ضوابط دانشگاه و دانشکده اعلام می نمایم.  نام و نام خانوادگی استاد راهنما : تاریخ امضاء  نام و نام خانوادگی استاد مشاور: تاریخ امضاء  ریاست محترم دانشکده :  □ با فرم فعلی مورد تصویب قرار گرفت □ به شرط اعمال اصلاحات و تغییرات زیر به تصویب رسید  □ تصویب نشد  ..............................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  نام و نام خانوادگی رئیس گروه: تاریخ امضاء    نظر دانشکده:  □ با فرم فعلی مورد تصویب قرار گرفت □ به شرط اعمال اصلاحات و تغییرات زیر به تصویب رسید  □ تصویب نشد  ..............................................................................................................................................................................................................................................................................................................................  نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: تاریخ امضاء    مدیریت محترم امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه تاریخ .................................  شماره ...............................  طرح پایان نامه فوق مورد تائید دانشکده قرار گرفته و با کد رهگیری در سایت پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران به ثبت رسیده است.  نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: تاریخ امضا  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  طرح پایان نامه در سایت پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران به تائید رسید.  نام و نام خانودگی مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه:  تاریخ امضاء | | |

1. -slot opening shape [↑](#footnote-ref-1)