



دانشگاه شهرکرد  
معاونت پژوهش و فناوری

بسمه تعالی

پژوهش و فناوری، غزم ملی و روگرد جهانی

تاریخ:

شماره:

# پیشنهاد (پروپوزال) انجام طرح پژوهشی

## الف) کلیات طرح

۱- عنوان طرح:

به فارسی: توسعه یک مدل عددی-تحلیل برای بررسی پدیده خروج از مرکز در ماشینهای با آهنربای فرورفته در سطح  
به انگلیسی: A combined numerical-analytical model for eccentric surface-inset PM machines:

۲- مجری مسئول طرح:

دانشکده مستقر: فنی و مهندسی

نام و نام خانوادگی: صمد تقی پور بروجنی

مرتبه علمی و سمت: دانشیار - هیات علمی

۲۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال

۳- اعتبار کل طرح: ۲۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال اعتبار معادل طرح (حق تحقیق، هزینه پرسنلی و مسافرت):

۴- زمان اجرای طرح به ماه: ۹ شروع: ۹۶/۱۰/۱ خاتمه: ۹۷/۵/۱

۵- محل اجرای طرح: دانشگاه شهرکرد

۶- منابع تأمین کننده بودجه: از بودجه گرن

۷- مؤسساتی که با طرح همکاری خواهند داشت (نحوه همکاری):

۸- خلاصه طرح (حداکثر ۵ سطر):

ماشینهای سنکرون با آهنربای فرورفته در سطح دارای ویژگیهای ممتازی نسبت به سایر موتورهای آهنربایی می باشند که از جمله آنها چگالی توان بالا، سادگی ساخت، پدیده خارج از مرکز بودن رتور یک پدیده رایج در ماشین های الکتریکی است که به دلیل عدم دقت ساخت و تلورانس های موجود و همچنین به دلیل خرابی بالیبرینگ اتفاق می افتد. از اثرات این پدیده تولید نویز و ارتعاشات می باشد. هم اکنون روشهای مختلفی برای شناخت و بررسی این پدیده ارائه شده که از جمله آنها می توان به روش های تابع سیم پیچ، اجزای محدود و روش تحلیل اغتشاش اشاره نمود. در این پروژه یک روش جدید و متفاوت برای مدل سازی تحلیلی خارج از مرکز بودن استاتیکی رتور مبتنی بر حل دقیق روابط ماکسول ارائه می شود. مدل ارائه شده با روش اجزای محدود تایید خواهد شد. مدل ارائه شده در شرایط بی باری توانایی پیش بینی رفتار ماشین را دارد. در این مدل از روش نگاشت های هم نوا و یا تحلیل اغتشاش استفاده نخواهد شد.

(ب) مشخصات مجری و همکاران طرح:

۱- مجری مسئول طرح:

(الف) نام و نام خانوادگی: صمد تقی پور بروجنی مرتبه علمی: دانشیار نوع استخدام: رسمی-آزمایشی تاریخ استخدام:

۹۴/۱۰/۱۶ محل خدمت: دانشکده فنی دانشگاه شهرکرد تلفن محل کار: ۳۲۳۲۴۴۳۸

(ب) نشانی منزل: بروجن، بلوار مدرس، خیابان طوس شمالی، فرعی سوم، پلاک و کد پستی ۸۸۷۱۸۶۳۵۶۶

(ج) به طور متوسط، چند ساعت در هفته به این پروژه اختصاص می دهید؟ ۵ ساعت

(د) سایر طرح های در دست اجرا:

طرح در دست اجرا با عنوان: ارایه یک مدل تحلیلی جدید برای بررسی خروج از مرکز رتور در ماشین های آهنربایی سطحی شیاردار

(ه) مدارج تحصیلی و تخصصی (در حد کارشناسی و بالاتر):

سال دریافت	مؤسسه - کشور	رشته تحصیلی / تخصصی	درجه تحصیلی / تخصصی	
ایران	صنعتی امیرکبیر	برق - قدرت	کارشناسی	۱
ایران	صنعتی امیرکبیر	برق - قدرت	کارشناس ارشد	۲
ایران	صنعتی امیرکبیر	برق - قدرت	دکتری تخصصی	۳

و - فعالیت های تحقیقاتی، پایان یافته، در حال اجرا و تألیفات در ارتباط با موضوع طرح:

در حال حاضر در این ارتباط یک پایان نامه کارشناسی ارشد در دست اقدام است. البته پایان نامه مذکور مبتنی بر استفاده از نگاهت همونوا برای انتقال مسئله از صفحه Z به صفحه W، و حل رابطه ی پواسون در صفحه W است. در صفحه Z مسئله دارای خروج از مرکز است و حل آن پیچیده می باشد. در حالی که در صفحه W مسئله هم مرکز است و حل آن ساده است. البته انجام محاسبات در یک صفحه و انتقال آنها به صفحه دیگر دارای حجم محاسبات بالایی است.

در طرح پیشنهادی با هدف حذف این محاسبات در یک صفحه و انتقال آنها به صفحه دیگر، تمام محاسبات در صفحه Z انجام می شود. ادعا می شود که این روش برای اولین بار معرفی می شود و در حال حاضر روش مشابهی در ارتباط با این موضوع وجود ندارد.

۲- سایر مجریان طرح:

نام و نام خانوادگی	درجه تحصیلی	رشته تحصیلی	مرتبه علمی	محل کار	میزان مشارکت مالی
اول					

۲- همکاران:

نام و نام خانوادگی	درجه تحصیلی	رشته تحصیلی	مرتبه علمی	محل کار	نوع همکاری	میزان همکاری (ساعت)
۱ حسین باقری نقنه	کارشناسی ارشد	برق قدرت		-----	برنامه نویس	۵ ساعت در هفته
۲ پیام امامی	کارشناسی	برق قدرت		-----	برنامه نویس	۲ ساعت در هفته

(ج) اطلاعات تفصیلی طرح

۱- عنوان و نوع طرح پژوهشی

عنوان به فارسی: ارایه یک مدل تحلیلی جدید برای بررسی خروج از مرکز رتور در ماشین های سنکرون آهنربا سطحی

عنوان به انگلیسی: A novel analytical model for eccentric surface-mounted PM machines

نوع طرح: ✓ بنیادی (گسترش مرزهای دانش) □ کاربردی (در چارچوب اولویت های پژوهشی/حل مسئله)

## ۲- تشریح جزئیات طرح:

### تعریف مسئله:

یافتن روابط تحلیلی برای متغیرهای چگالی شار آهن‌رِبا، ولتاژ القایی درون کلافها و نیروی نامتعادل مغناطیسی در ماشین‌های الکتریکی با آهنربای با رتور خارج از مرکز می باشد. در این مدل خروج از مرکز استاتیکی در نظر گرفته می‌شود. روابط یاد شده بر حسب پارامترهای ابعادی و با حل روابط ماکسول به دست می‌آیند.

### فرضیات:

- در بدست آوردن میدان ناشی از حل روابط ماکسول استفاده می شود.
- از آثار غیر خطی هسته چشم پوشی می شود.
- تقارن محوری بر ساختار ماشین حاکم است و از تحلیل دو بعدی برای ماشین استفاده می‌شود.
- ماشین های مغناطیس دایم استفاده شده از نوع آهنربایی سطحی می باشد.
- از اثر شیار های استاتور چشم پوشی می شود.
- رتور داری خروج از مرکز استاتیک است.
- برای تایید نتایج از روش اجزای محدود استفاده می‌شود.

### اهداف اصلی:

هدف اصلی این طرح بررسی رفتار ماشین های با آهنربای سطحی با وجود خروج از مرکز رتور می باشد. در این ماشین‌ها به دلیل خارج از مرکز بودن رتور یک نیروی نامتعادل مغناطیسی ایجاد شده که با کشیدن رتور به سمت استاتور سبب آسیب رساندن به بال‌بیرینگها و ایجاد نویز و سر و صدا می شود. همچنین تقارن ولتاژ القایی به هم ریخته که این موضوع ایجاد ضربان گشتاور را در پی دارد. در این طرح از یک روش مدل‌سازی که برای اولین بار ارائه می‌شود برای بررسی پدیده خارج از مرکز بودن استاتیکی رتور استفاده می شود. جهت بدست آوردن مدل از روش حل روابط ماکسول و برای تایید نهایی آن از نرم افزار FEMM استفاده می شود.

### روش و تکنیک‌های اجرایی:

- برای مدلسازی از حل رابطه پواسون استفاده می شود
- برای ساده سازی دستگاه حل معادلات پواسون از مفهوم جریانهای مرزی استفاده می شود
- از روش جداسازی متغیرها برای حل روابط مشتق جزئی استفاده می‌شود
- از رابطه تنش ماکسول برای محاسبه نیروی نامتعادل مغناطیسی بهره گرفته میشود
- از روش اجزای محدود برای تایید نتایج استفاده می شود

### منابع:

- [1] K. T. Kim, K. S. Kim, S. M. Hwang, T. J. Kim, and Y. H. Jung, "Comparison of magnetic forces for IPM and SPM motor with rotor eccentricity," IEEE Trans. Magn., vol. 37, no. 5, pp. 3448–3451, Sep. 2001.
- [2] G. M. Joksimovic, M. D. Durovic, J. Penman, and N. Arthur, "Dynamic Simulation of Dynamic Eccentricity in Induction Machines—Winding Function Approach", IEEE Trans. Energy Convers., vol. 15, no. 2, June 2000, pp. 134-148
- [3] N. A. Nuaim and H. A. Toliyat, "A Novel Method for Modeling Dynamic Air-Gap Eccentricity in Synchronous Machines Based on Modified Winding Function Theory," IEEE Trans. Energy Convers., vol. 13, no. 2, June 1998, pp.156-162.
- [4] N. A. Nuaim and H. A. Hamid Toliyat, "Simulation and Detection of Dynamic Air-Gap Eccentricity in Salient Pole Synchronous Machines," 32 IAS Ind. App. Society Annual Meeting New Orleans, Louisiana, October 5-9, 1997 pp.255-262.
- [5] I. Tabatabaei, J. Faiz, H. Lesani, and M. T. N. Razavi, "Modeling and Simulation of a Salient-Pole Synchronous Generator With Dynamic Eccentricity Using Modified Winding Function Theory", IEEE Trans. Magn., vol 40, no. 3, May 2004, pp 1550-1555.
- [6] [H. Mahmoud](#), and [N. Bianchi](#), "Eccentricity in Synchronous Reluctance Motors—Part I: Analytical and Finite-Element Models," Trans. Energy Convers., Vol. 30, Issue 2, June 2015, pp. 745–753.
- [7] [H. Mahmoud](#), and [N. Bianchi](#), "Eccentricity in Synchronous Reluctance Motors—Part II: Different Rotor Geometry and Stator Windings," IEEE Trans. Energy Convers., vol. 30, Issue 2, June 2015, pp. 754–760.
- [8] E. Kreyszig, "15," Advanced Engineering Mathematics 10th Edition
- [9] D. G. Dorrell and A. C. Smith, "Calculation of UMP in induction motors with series or parallel winding connections," IEEE Trans. Energy Convers., vol. 9, no. 2, June 1994, pp 304-310.

- [10] U. Kim and D. K. Lieu, "Magnetic Field Calculation in Permanent Magnet Motors with Rotor Eccentricity: Without Slotting Effect," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 34, no. 4, July 1998, pp. 2243-2252.
- [11] U. Kim and D. K. Lieu, "Magnetic Field Calculation in Permanent Magnet Motors with Rotor Eccentricity: With Slotting Effect Considered," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 34, no. 4, July 1998, pp. 2253-2266.
- [12] H. Qian, H. Guo, Z. Wu, and X. Ding, "Analytical Solution for Cogging Torque in Surface-Mounted Permanent-Magnet Motors With Magnet Imperfections and Rotor Eccentricity," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 50, no. 8, Aug. 2014 pp. 8201615.
- [13] L. Gasparin, A. Cernigoj, S. Markic, and R. Fiser, "Additional cogging torque components in permanent-magnet motors due to manufacturing imperfections," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 45, no. 3, pp. 1210-1213, Mar. 2009.
- [14] J. Fu and C. Zhu, Subdomain Model for Predicting Magnetic Field in Slotted Surface Mounted Permanent-Magnet Machines With Rotor Eccentricity, *IEEE Trans. Magn.*, vol. 48, no. 5, May 2012, pp. 1906-1917.
- [15] Rahideh and T. Korakianitis, Analytical Open-Circuit Magnetic Field Distribution of Slotless Brushless Permanent-Magnet Machines With Rotor Eccentricity, *IEEE Trans. Magn.*, vol. 47, no. 12, Dec. 2011, pp. 4791-4808.
- [16] Y. Li, Q. Lu, Z. Q. Zhu, L. J. Wu, G. J. Li, and D. Wu, "Analytical Synthesis of Air-Gap Field Distribution in Permanent Magnet Machines With Rotor Eccentricity by Superposition Method," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 51, no. 11, pp. 8110404, Nov. 2015.
- [17] J. T. Li, Z. J. Liu, and L. H. A. Nay, "Effect of Radial Magnetic Forces in Permanent Magnet Motors With Rotor Eccentricity," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 43, no. 6, pp.2525-2527, Jun. 2007.
- [18] J. P. Wang and D. K. Lieu, "Magnetic Lumped Parameter Modeling of Rotor Eccentricity in Brushless Permanent-Magnet Motors", *IEEE Trans. Magn.*, vol. 35, no. 5, Sep. 1999, pp. 4226-4231.
- [19] D. K. Cheng, "4," *Field and Wave Electromagnetics*. Addison Wesley Publishing Company.
- [20] M. Andriollo, L. Bolognese, G. Martinelli, A. Morini, and A. Tortella, "Optimization of Magnetic Suspension by a Surface Current Method," *IEEE Trans on Mag.*, vol. 37, no. 4, July 2001, pp. 2877-2880,
- [21] M. Andriollo, G. Martinelli, A. Morini, and A. Tortella, "Application of the surface-current method to the analysis of saturated electromagnetic devices," *Compel*, vol. 23, no. 1, 2004, pp. 328-347.
- [22] S. T. Boroujeni, and V. Zamani, "A Novel Analytical Model for No-Load, Slotted, Surface-Mounted PM Machines: Air gap Flux Density and Cogging Torque," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 51, no. 4, Apr. 2015, pp. 8104008
- [23] S. Taghipour, A. Abedini, A. Oraee and H. Oraee, "A new approach for analytical modeling of axial-flux PM machines," *Proc. IET-EPA*, under publication
- [24] J. T. Chen, M. H. Tsai, and C.S. Liu, "Conformal Mapping and Bipolar Coordinate for Eccentric Laplace Problems", [Computer Applications in Engineering Education](#), vol. 17, no. 3, Jan. 2009, pp 314-322.
- [25] Harold Cohen, "6," *Complex Analysis With Applications In Science and Engineering*, 2<sup>nd</sup> Edition, springer, pp 317-318
- [26] L. J. Wu, Z. Q. Zhu, J. T. Chen, and Z. P. Xia, "An Analytical Model of Unbalanced Magnetic Force in Fractional-Slot Surface-Mounted Permanent Magnet Machines," *IEEE Trans. on Magn.*, vol. 46, no.7, July 2010, pp 2686-2700.

۳- کلمات کلیدی: مدل تحلیلی، ماشین آهنربایی سطحی، خارج از مرکز بودن رتور، جریان های مجازی، رابطه پواسون

توضیحات:

- طرح بنیادی، پژوهشی است که عمدتاً در جهت گسترش مرزهای دانش بدون در نظر گرفتن استفاده عملی خاص برای کاربرد آن انجام می‌گیرد. اگرچه ممکن است این کاربرد در آینده تعریف شود.
- طرح کاربردی، پژوهشی است که استفاده عملی خاص برای نتایج حاصل از آن در نظر گرفته می‌شود و غالباً جنبه تجربی دارد.

۴- سایر توضیحات لازم:

۴-۱- دلایل ضرورت و توجیه انجام طرح

به دلیل چگالی توان بالا و بازدهی زیاد ماشین‌های آهنربایی استفاده از آنها در صنایع جدید دارای رشد روز افزون می باشد. همچنین پدیده خروج رتور از مرکز یک پدیده رایج می باشد که در صورت عدم تشخیص به موقع آسیب رسیدن بیشتر به بال‌بیرینگها و ایجاد ارتعاشات را در پی دارد که خود سبب تولید نویز صوتی و آسیب زدن به تجهیزات مکانیکی متصل به رتور می شود. مدل ساز این پدیده نه تنها از نظر بنیادی سبب گسترش دامنه روشهای موجود برای مدل‌سازی می شود بلکه ابزتری را جهت تشخیص به موقع پدیده خروج از مرکز فراهم می نماید. بنابراین مطالعه دقیق این پدیده اهمیت ویژه ای دارد.

۲-۴- نتایج طرح پاسخگوی کدامیک از نیازهای علمی - صنعتی جامعه می‌باشد؟

اگرچه طرح پیشنهادی بنیادی می باشد ولی با معرفی و توسعه این طرح می توان از آن برای مدل سازی، طراحی و مونیتورینگ ماشین های الکتریکی مورد نیاز صنعت استفاده نمود

۳-۴. چه مؤسساتی می‌توانند از نتایج طرح استفاده نمایند؟ (در صورت نیاز توضیح دهید)  
وزارت خانه نیرو و وزارت خانه صنعت معدن و تجارت، وزارت نفت، وزارت دفاع و نیروهای مسلح

۴-۴. سابقه علمی طرح و پژوهشهای انجام شده با ذکر مأخذ به ویژه در ایران؟

۴-۵. آیا پیشنهاد طرح پژوهشی حاضر ارتباطی با پایان نامه های تحصیلات تکمیلی کارشناسی ارشد/دکتری که با راهنمایی جنابعالی انجام پذیرفته / در حال انجام است دارد؟ بلی  خیر

در صورت مثبت بودن پاسخ، ضمن ذکر عنوان پایاننامه های مربوطه لطفاً میزان انطباق را مشخص فرمائید.

اگرچه در همین زمینه یک پروژه کارشناسی ارشد تعدیف شده و در حال انجام است، ولی روش کار کاملاً متفاوت است. بر خلاف پایان نامه مذکور در این پیشنهاد پروژه از روش عددی مبتنی بر تکرار و اصل جمع آثار استفاده می شود در حالی اساس کار در پایان نامه مذکور روش کاملاً تحلیلی و مبتنی بر قضیه یکتایی است

ادعا می شود که این روش برای اولین بار معرفی می شود و در حال حاضر روش مشابهی در ارتباط با این موضوع وجود ندارد. بنابراین تنها همپوشانی عنوان وجود دارد و همپوشانی محتوایی مطلب برابر صفر است.

۵- زمان بندی

مدت زمان لازم برای اجرای طرح (به ماه): ۸ تاریخ شروع: 96/10/۱ تاریخ خاتمه: 97/5/۱ مدت زمان: جدول مراحل اجرای پروژه و پیش بینی زمان هر مرحله:

شرح مختصر مراحل	جدول زمانی به ماه																												ملاحظات*									
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸		۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵	۳۶	
۱ مدل سازی ماشین در شرایط بی باری																																						
۲ کد نویسی و استخراج نتایج																																						
۳ تایید نتایج																																						
۴ تدوین، ارسال و چاپ مقاله																																						
جمع																																						

توضیحات:

\* - برای شرایط خاص دلایل توجیهی باید ذکر شود.

✓ خیر

ع- برای این طرح از سازمانهای دیگر نیز درخواست اعتبار شده است؟  بلی  
در صورت مثبت بودن جواب لطفاً نام سازمان، نوع و میزان همکاری را مرقوم فرمایند؟

۷- هزینه پرسنلی پیش بینی شده با ذکر مشخصات کامل، میزان اشتغال و حق الزحمه:

نوع مسئولیت	میزان ساعت کار	حق التحقیق* و حق الزحمه به ساعت	جمع کل
مجری مسئول	۷۵ ساعت	۲۳۰/۰۰۰*۷۵	۱۷/۲۵۰/۰۰۰
سایر مجریان			
سایر مجریان			
سایر همکاران	۴۰ ساعت	۷۰/۰۰۰*۴۰	۲/۷۵۰/۰۰۰
سایر همکاران			
سایر همکاران			
جمع			۲۰/۰۰۰/۰۰۰

توضیحات:

\*- بر اساس حداکثر تا میزان مقرر در آئین نامه مصوب هیأت وزیران مورد عمل در دانشگاه و مؤسسات آموزش عالی محاسبه و پرداخت خواهد شد.

۸- فهرست وسائل و مواد مورد نیاز طرح که می‌باید از اعتبار طرح از داخل یا خارج کشور خریداری شود:

نام دستگاه / مواد	شرکت دارنده و یا فروشنده	کشور سازنده	مصرفی یا غیر مصرفی	آیا در ایران موجود است	تعداد/مقدار	قیمت ریال یا ارز	قیمت کل ریال یا ارز	در چه مرحله از طرح مورد نیاز است؟
جمع هزینه‌های وسایل و مواد	به ریال							
جمع هزینه‌های وسایل و مواد	به دلار							

توضیحات:

- در صورتیکه این مواد و یا دستگاه در ایران موجود باشد دلایل انتخاب نوع خارجی را ذکر نمایید.

- در صورتی که مواد و یا دستگاهها در دانشکده ها و یا مراکز تحقیقاتی دانشگاه جهت بهره‌گیری در دسترس باشد، دلایل خرید آنرا مشخص کنید.



۱۰- پیش بینی هزینه مسافرت داخل (در صورت لزوم)

مقصد	تعداد مسافرت در مدت اجرای طرح و منظور آن	نوع وسیله نقلیه	تعداد افراد	هزینه به ریال
جمع هزینه‌های مسافرت				

۱۱- هزینه‌های دیگر مربوط به طرح

ریال

۱۱-۱- هزینه‌های چاپ و تکثیر

ریال

۱۱-۲- هزینه‌های تهیه نشریات و کتب لازم

ریال

۱۱-۳- سایر هزینه‌ها (لطفاً نام ببرید) پیش بینی نشده

ریال

جمع هزینه‌های دیگر

۱۲- کل اعتبار طرح

ارز	ریال	جمع هزینه‌ها
	۲۰/۰۰۰/۰۰۰	جمع هزینه‌های پرسنلی
		جمع هزینه‌های وسایل و مواد
		جمع هزینه‌های مسافرت
		جمع هزینه‌های دیگر
		جمع هزینه‌های سالانه
	دلار	ارزی
	ریال	جمع کل هزینه‌های طرح ریالی: ۲۰/۰۰۰/۰۰۰

مبلغی که از منابع دیگر کمک خواهد شد و نحوه مصرف آن:

نام و امضاء مجری مسئول طرح: صمد تقی پور بروجنی	امضاء	تاریخ:
نام و امضاء مجری (اول) طرح:	امضاء	تاریخ:
نام و امضاء مجری (دوم) طرح:	امضاء	تاریخ:
نام و امضاء همکار طرح: حسین باقری	امضاء	تاریخ:
نام و امضاء همکار طرح: پیام امامی	امضاء	تاریخ: