**الف) كليات طرح**

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

1ـ عنوان طرح:

به فارسي : حل تحلیلی وابسته به اندازه در ارتعاشات اجباری و پایداری دینامیکی میکروصفحه های مستطیلی با غیر خطی هندسی

**به انگليسي : size dependent Analytical solution for forced vibrations and dynamics stability of rectangular microplates with geometrical nonlinearity**

 ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

2ـ مجري مسئول طرح:

دانشكده مستقر: فنی و مهندسی

نام و نام خانوادگي : یعقوب طادی بنی

مرتبه علمي و سمت : استاد تمام

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

3ـ اعتبار كل طرح: 30000000 ريال اعتبار معادل طرح (حق التحقيق، هزینه پرسنلی و مسافرت): 30000000 ريال

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

4ـ زمان اجراي طرح به ماه: نه ماه سال شروع: 15/9/1397 خاتمه: 15/6/1398

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

5ـ محل اجراي طرح : دانشکده فنی و مهندسی

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

6ـ منابع تأمين كننده بودجه: دانشگاه شهرکرد (گرنت)

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

7ـ مؤسساتي كه با طرح همكاري خواهند داشت (نحوه همكاري) :

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

8ـ خلاصه طرح (حداكثر 5 سطر) :

در این تحقیق، یک مدل دینامیکی وابسته به اندازه با در نظر گرفتن اثرات غیر خطی هندسی برای تحلیل ارتعاش اجباری از میکرو صفحه های نازک یکنواخت مستطیلی توسعه خواهد یافت. در سال های اخیر، این نوع میکروصفحه ها کاربرد زیادی در صنایع میکروسکوپ، از جمله سیستم های میکرو الکترومکانیکی پیدا نموده اند. در تحقیق حاضر، معادلات حرکت میکرو صفحه مستطیلی در چارچوب تئوری تنش کوپل و غیر خطی هندسی فون-کارمن، با استفاده از اصل هامیلتون استخراج خواهد شد. روش گالرکین برای به دست آوردن معادله دیفرانسیل معمولی غیر خطی مرتبه دوم استفاده خواهد شد و در نهایت با استفاده از روش رانگ-کوتا معادلات دینامیکی حل خواهد شد.

**ب) مشخصات مجري و همكاران طرح:**

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

**1ـ مجري مسئول طرح:**

الف) نام و نام خانوادگي : یعقوب طادی بنی مرتبه علمي : استاد تمام نوع استخدام : رسمی-قطعی تاریخ استخدام : 15/1/1389

 محل خدمت : دانشکده فنی و مهندسی تلفن محل كار :

 ب) نشاني منزل: خیابان کاشانی- کوچه 85- پلاک 7

 ج) به طور متوسط، چند ساعت در هفته به اين پروژه اختصاص مي دهيد؟

تقریبا 8 الی 10 ساعت

 د) ساير طرح هاي در دست اجرا:

--

ﻫ) مدارج تحصيلي و تخصصي (در حد كارشناسي و بالاتر) :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | درجه تحصيلي/ تخصصي | رشته تحصيلي / تخصصي | مؤسسه ـ كشور | سال دريافت |
| 123 | کارشناسیکارشناسی ارشددکتری | مهندسی مکانیکمهندسی مکانیکمهندسی مکانیک | دانشگاه صنعتی اصفهاندانشگاه صنعتی شریفدانشگاه صنعتی شریف | 138013831388 |

و ـ فعاليت‎هاي تحقيقاتي، پايان يافته، در حال اجرا و تأليفات در ارتباط با موضوع طرح:

**2- ساير مجريان طرح:**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | نام و نام خانوادگي | درجه تحصيلي  | رشته تحصيلي  | مرتبه علمي | محل كار | ميزان مشاركت مالي |
| اول | - | - | - | - | - | - |
| دوم | - | - | - | - | - | - |
| سوم | - | - | - | - | - | - |

**2ـ همكاران:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | نام و نام خانوادگي | درجه تحصيلي  | رشته تحصيلي  | مرتبه علمي | محل كار | نوع همكاري | میزان همکاری (ساعت) |
| 1 | ایمان کریمی پور | دانشجوی دکتری | مهندسی مکانیک | - | - |  | 50 |
| 2- | عبدالحميد اكبرزاده | دكتري | مهندسی مکانیک | استاديار | مك گيل |  | 50 |

**ج) اطلاعات تفصيلي طرح**

ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

1ـ عنوان و نوع طرح پژوهشي

به فارسي : حل تحلیلی وابسته به اندازه در ارتعاشات اجباری و پایداری دینامیکی میکروصفحه های مستطیلی با غیر خطی هندسی

**به انگليسي : size dependent Analytical solution for forced vibrations and dynamics stability of rectangular microplates with geometrical nonlinearity**

نوع طرح : ◼ بنيادي (گسترش مرزهاي دانش) 🞎 كاربردي (در چارچوب اولويت هاي پژوهشي/حل مسئله)

ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

2ـ تشريح جزئيات طرح:

**تعريف مسئله:**

در سال های اخیر، میکروسکوپ الکترواستاتیک توجه زیادی را از سوی محققان، دانشمندان و مهندسان به خود جلب کرده است. این عملگرهای الکترواستاتیک شامل دو الکترود رسانا هستند که یکی از آنها متحرک است و دیگری ثابت می باشد. هنگامی که هر ولتاژ بین آنها اعمال می شود، الکترود متحرک به طرف الکترود ثابت حرکت می کند. میکرو صفحه ها در مقایسه با سایر سیستم های میکرو الکترومکانیکی، نقش بسیار موثر و حیاتی در سیستم های میکرو و نانو الکترومکانیکی مانند میکرو پمپ ها، میکرو آینه ها و میکروکنترلرها بازی می کنند. هر گونه نیروی الکترواستاتیک بیش از حد می تواند منجر به مقاومت در برابر تغییر شکا میکروصفحه گردد و باعث بی ثباتی (به عنوان مثال بی ثباتی پولین) شده و الکترود متحرک بطور ناگهانی به الکترود زمین بچسبد. ادبیات نشان می دهد که ویژگی های بی ثباتی سازه های فوق کوچک در مقیاس های کوچک بعنوان موضوع پیشرو در بعضی از تحقیق های قبلی در نظر گرفته شده است.

با کاهش ابعاد به زیر میکرون، پدیده های نانو مقیاس ظهور می کنند که باید در ایجاد مدل های نظری مورد توجه قرار گیرند. یکی از مهمترین پدیده های نانو مقیاس، وابستگی به اندازه نانوساختارها است که در آزمایشات تغییر شکل ریزساختارها دیده می شود. با توجه به این واقعیت که مواد در مقیاس اتمی به طور طبیعی گسسته هستند، مکانیک کلاسیک به اندازه کافی برای مدل سازی رفتار وابسته به اندازه آنها در فاصله های زیر میکرون موثر نیست. به همین ترتیب، هنگامی که اثر یک سوراخ در یک صفحه بی نهایت تحت تنش در نظر گرفته می شود، فاکتور تمرکز تنش مستقل از شعاع سوراخ است که کلات منجر به اشتباهات در تجزیه و تحلیل ها می گردد. در این راستا، نظریه مکانیک محیط پیوسته نمی تواند راه حل دقیق و کارآمد ارائه دهد.

با توجه به بررسی انجام شده در مطالعات قبلی در زمینه میکرو صفحه ها، هدف اصلی این تحقیق، مطالعه تحلیلی بر روی ارتعاش غیرخطی و رفتار دینامیکی میکرو صفحه های مستطیلی تحت تحریک الکتریکی است. تحریک اعمال شده از یک ولتاژ ثابت DC و ولتاژ متغیر تشکیل شده است. شرایط مرزی مورد مطالعه برای میکروصفحه ساده خواهد بود و برای برخی موارد شرایط مرزی دیگر هم مورد بررسی قرار خواهد گرفت. به دلیل محدودیت در اعمال ولتاژ الکتریکی به سیستم، مطالعه رفتار استاتیک میکرو مدارها برای شناسایی حداکثر ولتاژ DC و جلوگیری از بی ثباتی استاتیک سیستم ضروری است. در این تجزیه و تحلیل، گام نخست به دست آوردن معادلات حرکت میکرو پصفحه مستطیل شکل تحت تحریک الکتریکی و ساده سازی آنها است. سپس، برای به دست آوردن پاسخ استاتیک سیستم به ولتاژ ثابت DC، معادلات حاکم با روش های مختلفی مورد مطالعه قرار می گیرند. با شناسایی ثابت ولتاژ جریان بحرانی و استفاده از برانگیختگی الکتریکی از ولتاژ جریان ثابت و متغیر، منحنی های پاسخ فرکانسی برای حالت های اولیه و ثانویه رزونانس بررسی می شوند. اهداف دیگر این تحقیق بررسی اثر پارامترهای مختلف بر رفتار استاتیک و ارتعاشی سیستم است، بدست آوردن رابطه تحلیلی برای پاسخ ایستا و ارتعاش سیستم به تحریک الکتریکی، به دست آوردن ولتاژ بحرانی جریان متناوب و ثبات دینامیکی سیستم نیز مورد نظر است.

**فرضيات:**

1. تغییر شکل بصورت الاستیک فرض شده است.
2. کرنشها کوچک و جابجایی ها بزرگ می باشد.

**اهداف اصلی:**

1. استخراج معادلات حرکت حاکم.
2. حل تحلیلی دینامیکی و ارتعاشات اجباری میکرو ورق تحت بارگذاری غیر خطی الکتریکی.

**روش و تكنيك‎هاي اجرايي:**

1. استفاده از روش انرژی و معادله همیلتون جهت استخراج معادلات حرکت.
2. استفاده از روشهای نیمه تحلیلی برای حل معادلات استخراج شده.

منابع:

[1] Ahn Y, Guckel H, Zook JD (2001) Capacitive microbeam resonator design Journal of Micromechanics and Microengineering 11:70

[2] Akgöz B, Civalek Ö (2013) Modeling and analysis of micro-sized plates resting on elastic medium using the modified couple stress theory Meccanica 48:863-873

[3] Amabili M (2008) Nonlinear vibrations and stability of shells and plates. Cambridge University Press,

[4] Ansari R, Shojaei MF, Mohammadi V, Gholami R, Darabi M (2014) Nonlinear vibrations of functionally graded Mindlin microplates based on the modified couple stress theory Composite Structures 114:124-134

[5] Asghari M (2012) Geometrically nonlinear micro-plate formulation based on the modified couple stress theory International Journal of Engineering Science 51:292-309

[6] Askari AR, Tahani M (2015) Analytical determination of size-dependent natural frequencies of fully clamped rectangular microplates based on the modified couple stress theory Journal of Mechanical Science and Technology 29:2135-2145

[7] Askari AR, Tahani M (2017) Size-dependent dynamic pull-in analysis of geometric non-linear micro-plates based on the modified couple stress theory Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 86:262-274

[8] Ayela F, Fournier T (1998) An experimental study of anharmonic micromachined silicon resonators Measurement Science and Technology 9:1821

[9] Benamar R, Bennouna M, White R (1993) The effects of large vibration amplitudes on the mode shapes and natural frequencies of thin elastic structures, part II: fully clamped rectangular isotropic plates Journal of sound and vibration 164:295-316

[10] Beni YT, Karimipour I, Abadyan M (2015) Modeling the instability of electrostatic nano-bridges and nano-cantilevers using modified strain gradient theory Applied Mathematical Modelling 39:2633-2648

[11] Beni YT, Karimipöur I, Abadyan M (2014) Modeling the effect of intermolecular force on the size-dependent pull-in behavior of beam-type NEMS using modified couple stress theory Journal of Mechanical Science and Technology 28:3749-3757

[12] Francais O, Dufour I (1999) Normalized abacus for the global behavior of diaphragms: pneumatic, electrostatic, piezoelectric or electromagnetic actuation Journal of Modeling and Simulation of Microsystems 2:149-160

[13] Hadian J, Nayfeh A (1990) Modal interaction in circular plates Journal of Sound and Vibration 142:279-292

[14] Jomehzadeh E, Noori H, Saidi A (2011) The size-dependent vibration analysis of micro-plates based on a modified couple stress theory Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 43:877-883

[15] Karimipour I, Beni YT, Koochi A, Abadyan M (2016) Using couple stress theory for modeling the size-dependent instability of double-sided beam-type nanoactuators in the presence of Casimir force Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering 38:1779-1795

[16] Karimipour I, Kanani A, Koochi A, Keivani M, Abadyan M (2015) Modeling the electromechanical behavior and instability threshold of NEMS bridge in electrolyte considering the size dependency and dispersion forces Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 74:140-150

ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

3ـ كلمات كليدي:

تئوری کوپل تنش اصلاح شده - میکروصفحه، غیر خطی هندسی، تحلیل دینامیکی غیرخطی، ارتعاشات اجباری

ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

توضيحات:

ـ طرح بنيادي، پژوهشي است كه عمدتاً در جهت گسترش مرزهاي دانش بدون در نظر گرفتن استفاده عملي خاص براي كاربرد آن انجام مي‎گيرد. اگرچه ممكن است اين كاربرد در آينده تعريف شود.

ـ طرح كاربردي، پژوهشي است كه استفاده عملي خاص براي نتايج حاصل از آن در نظر گرفته مي‎شود و غالباً جنبه تجربي دارد.

4ـ ساير توضيحات لازم:

1ـ4ـ دلايل ضرورت و توجيه انجام طرح

گسترش روشهای عددی برای بررسی مسایل مهندسی و رفع مشکلات موجود در مهندسی مکانیک ضروری می باشد.

2ـ 4ـ نتايج طرح پاسخگوي كداميك از نيازهاي علمي ـ صنعتي جامعه مي‎باشد؟

3ـ 4ـ چه مؤسساتي مي‎توانند از نتايج طرح استفاده نمايند؟ (در صورت نياز توضيح دهيد)

4ـ4ـ سابقه علمي طرح و پژوهشهاي انجام شده با ذكر مأخذ به ويژه در ايران؟

وجود ندارد

5ـ4ـ آيا پيشنهاد طرح پژوهشي حاضر ارتباطي با پايان نامه هاي تحصيلات تكميلي كارشناسي ارشد/دكتري كه با راهنمايي جنابعالي انجام پذيرفته / در حال انجام است دارد؟ بلی 🞏 خیر ◼

در صورت مثبت بودن پاسخ، ضمن ذكر عنوان پاياننامه هاي مربوطه لطفاً ميزان انطباق را مشخص فرمائيد.

5ـ زمان بندي

مدت زمان لازم براي اجراي طرح (به ماه): تاريخ شروع: 15/9/1397 تاريخ خاتمه:15/6/1398 مدت زمان: 9 ماه

جدول مراحل اجراي پروژه و پيش بيني زمان هر مرحله:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | شرح مختصر مراحل | جدول زماني به ماه | ملاحظات\* |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| 1 | تحقیقات اولیه و برسی منابع | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | فرمولاسیون و استخراج معادلات حرکت | - | - | - | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | تحلیل ورق  |  |  | - | - | - | - | - | - | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | جمع | - | - | - | - | - | - | - | - | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

توضيحات:

 \* ـ براي شرايط خاص دلايل توجيهي بايد ذكر شود.

6ـ براي اين طرح از سازمانهاي ديگر نيز درخواست اعتبار شده است؟ 🞎بلي ◼ خير

در صورت مثبت بودن جواب لطفاً نام سازمان، نوع و ميزان همكاري را مرقوم فرمايند؟

ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

7ـ هزينه پرسنلي پيش بيني شده با ذكر مشخصات كامل، ميزان اشتغال و حق‎الزحمه:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| نوع مسئوليت | ميزان ساعت كار  | حق‎التحقيق\* و حق‎الزحمه به ساعت | جمع كل |
| مجري مسئول | 100 | 260000 ریال | 26000000 ریال |
| ساير مجريان | - | - | - |
| ساير مجريان | - | - | - |
| ساير همكاران | 100 | 40000 | 4000000 |
| ساير همكاران |  |  |  |
| ساير همكاران | - | - | - |
| جمع  |  |  | 30000000 |

ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

توضيحات:

\*ـ بر اساس حداكثر تا ميزان مقرر در آئين نامه مصوب هيأت وزيران مورد عمل در دانشگاه و مؤسسات آموزش عالي محاسبه وپرداخت خواهد شد.

8ـ فهرست وسائل و مواد مورد نياز طرح كه مي‎بايد از اعتبار طرح از داخل يا خارج كشور خريداري شود:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نام دستگاه/ مواد | شركت دارنده و يا فروشنده | كشور سازنده | مصرفي يا غير مصرفي | آيا در ايران موجود است | تعداد/مقدار | قيمت ريال يا ارز | قيمت كل ريال يا ارز | در چه مرحله از طرح مورد نياز است؟ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| جمع هزينه‎هاي وسايل و مواد به ريالجمع هزينه‎هاي وسايل و مواد به دلار |

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

توضيحات:

ـ در صورتيكه اين مواد و يا دستگاه در ايران موجود باشد دلايل انتخاب نوع خارجي را ذكر نماييد.

ـ در صورتي كه مواد و يا دستگاهها در دانشكده ها و يا مراكز تحقيقاتي دانشگاه جهت بهره‎گيري در دسترس باشد، دلايل خريد آنرا مشخص كنيد.

10ـ پيش بيني هزينه مسافرت داخل (در صورت لزوم)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| مقصد | تعداد مسافرت در مدت اجراي طرح و منظور آن | نوع وسيله نقليه | تعداد افراد | هزينه به ريال |
| - | - | -- | - | - |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| جمع هزينه‎هاي مسافرت |   |

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

11ـ هزينه‎هاي ديگر مربوط به طرح

1ـ 11ـ هزينه‎هاي چاپ و تكثير - ريال

2 ـ11ـ هزينه‎هاي تهيه نشريات و كتب لازم - ريال

3 ـ11ـ ساير هزينه‎ها (لطفاً نام ببريد) پيش بيني نشده ريال

جمع هزينه‎هاي ديگر ريال

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

12ـ كل اعتبار طرح

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| جمع هزينه‎ها | ريال | ارز |
| جمع هزينه‎هاي پرسنلي  | 30000000 |  |
| جمع هزينه‎هاي وسايل و مواد  | 0 |  |
| جمع هزينه‎هاي مسافرت  | 0 |  |
| جمع هزينه‎هاي ديگر  | 0 |  |
| جمع هزينه‎هاي سالانه | 0 |  |
| جمع كل هزينه‎هاي طرح ريال | ارزي | دلار |
| ريالي30000000 | ريال |

مبلغي كه از منابع ديگر كمك خواهد شد و نحوه مصرف آن:

ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

نام و امضاء مجري مسئول طرح: امضاء تاريخ:

نام و امضاء همكار طرح: امضاء تاريخ:

نام و امضاء همكار طرح: امضاء تاريخ:

ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ