JMRA
مجله پژوهش و کاربرد در مکانیک
ISSN: 2251-7383, eISSN: 2251-7391

مکانیزم ژنوا و اتوماسیون سازی

پرنیا رسولی مجد[1] جلیل جمالی [2]✱

۱- کارشناسی ارشد ساخت و تولید ، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب، تهران، ایران

۲- استادیار گروه مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱-۶-۱۸ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱-۱۲-۲

چکیده:

یکی از چالش‌هایی که صنعتگران ایرانی که با آن مواجه هستند ؛ گذار از تولید دستی [3]به تولید اتوماتیک[4] است . مونتاژ و خطوط کاری دستی منجر به تولیداتی با سرعت کم ؛ کیفیت پائین ؛ عدم یکسانی ؛ هزینه های بالا ؛ ضایعات فراوان و ..... می گردید. امروزه طراحان و مهندسان درصنایع داخلی جهت اتوماتیک سازی خطوط و مراحل انجام کار از انواع مکانیزم ها نظیر چرخ دنده ها ؛ جغجغه [5]؛ ژنوا[6]؛ بادامکها و..... استفاده می کنند . اتوماسیون سازی در فرایند تولید سبب افزایش سرعت تولید , کاهش نیروی انسانی , کاهش مشکلات منابع انسانی درحوزه HSE , کاهش جابه جایی غیر ضروری در سالن تولید و افزایش کیفیت محصول [7] می گردد. در این پژوهش با استفاده از مکانیزم جنوا و طراحی های سه بعدی توسط نرم افزار مهندسی Solid Works و تجزیه و تحلیل المانها در حوزه بهبود تولید المنت آبگرمکن[8] تلاش شده است . دراین طراحی بهینه ترین طرح ژنوا و ترکیب آن با مکانیزم های دیگر نظیر چرخ دنده ها ,سیستم های انتقال دوران محوری , سیستمهای پنوماتیکی , وکیومها و الکتروگیربکس ها و... استفاده شده است . هدف از انتخاب این فرایند , ماهیت ساده و کاربردی آن در اتوماسیون صنایع داخلی بوده که مطمئنا بعلت سادگی و کم هزینه بودن و کاربرد وسیع آن در مقایسه با مکانیزمهای دیگر نظیر رباتها ,مورد استقبال صنعتگران قرار خواهد گرفت . صنعت المنت سازی در ایران بسیار سنتی بوده و تعداد کمی از شرکت ها دراین زمینه فعالیت دارند و بسیاری از مراحل کاری در این شرکت ها کاملا بصورت دستی انجام

---

1 - mrs.parniya.rasouli@gmail.com

2 - jalil.jamali@iau.ac.ir

3 Manual

4 Automatic production

5 Ratchet

6 Geneva drive

7 Quality Control

8 Water heater element

می گردد و باعث شده که اکثر مصرف کنندگان و خصوصا تولیدی‌های لوازم خانگی به واردات این کالا اقدام کنند . یکی از پر چالش‌ترین موضوعات در صنعت المنت سازی استفاده هرچه کمتر نیروی انسانی در مراحل پایانی و حساس مونتاژ می باشد ; تا کیفیت پایانی محصول مطلوب‌تر گردد و از اشتباهات انسانی با انجام انواع تست‌های حین تولید با ولتاژ بالا جلوگیری شود و مانع از خروج المنت معیوب از شرکت شوند . هدف از این پژوهش طراحی مجموعه‌های مونتاژی است که با چند سیستم و مکانیزم بطور همزمان مونتاژ المنت ابگرمکنی را دنبال می کند.

واژه‌های کلیدی: ژنوا – اتوماسیون صنعتی – المنت حرارتی – چرخ دنده

Abstract

One of the most important challenges facing Iranian craftsmen; It is a transition from manual production to automatic production. Assembly and manual work lines lead to low speed production; low quality; non-uniformity; high costs ; A lot of waste and... , engineers in domestic industries for the automation of lines and work steps of all kinds of mechanisms such as gears; ratchet or ratchet; Geneva (Genoa); They use cams and..., Automation in the production process increases production speed, reduces manpower, reduces human resource problems in the HSE field, reduces unnecessary movement in the production hall, and increases product quality (Quality Control). In this research, an effort has been made to improve the production of water heating elements by using the Genoa mechanism and 3D designs by Solid-Works engineering software and element analysis. In this design, the most optimal Genoa design and its combination with other mechanisms such as gears, axial rotation transmission systems, pneumatic systems, vacuums and electro gearboxes, etc. are used. The purpose of choosing this process is its simple and practical nature in the automation of domestic industries, which will surely be welcomed by the craftsmen due to its simplicity and low cost and wide application compared to other mechanisms such as robots. The element industry in Iran is very traditional and few companies are active in this field, and many of the work steps in these companies are done completely manually, which has caused most of the consumers, especially the manufacturers of household appliances, to import this product. One of the most challenging issues in the element manufacturing industry is the use of manpower as little as possible in the final and sensitive stages of assembly in order to improve the final quality of the product and prevent human errors by performing various tests during production with high voltage and prevent the exit Defective element will be removed from the company. The purpose of this research is to design assembly sets that, with several systems and mechanisms, simultaneously pursue the common goal of assembling the water heating element.

مقدمه

امروزه برای ساخت و تولید تجهیزات و ماشین آلات پیشرفته نیاز به استفاده از مکانیزم‌ها افزایش یافته است .در میان انواع حرکت‌ها، حرکت با تأخیر دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد و یکی از مکانیزم‌هایی که به طور مطلوب و با هزینه کم این خواسته را برطرف می‌کند چرخ های ژنوا هستند . چرخ های ژنوا دارای این توانایی بوده که حرکت دورانی پیوسته را به حرکت تأخیری تبدیل کنند. شخصی که این ساز و کار را برای تبدیل حرکت پیوسته به حرکت مقطعی ابداع کرد یک ساعت ساز سوئیسی بوده است. مکانیزم ژنوا کاربرد وسیع‌تری در ماشین های مونتاژ دارد . هدف از این پژوهش مطالعه بر روی مکانیزم ژنوا و بررسی حرکت آن و در صورت لزوم ترکیب مکانیزم ها بوده و نتایج تحلیل نرم افزاری نیز ارائه گردیده است.

۱- چرخ ژنوا و مولفه های اصلی در طراحی آن

چرخ ژنوا، ساز وکاری چرخ دنده‌ای است که حرکت دورانی پیوسته را به حرکت دورانی منقطع و متناوب تبدیل می‌کند. در این مکانیزم معمولاچرخ محرک[۹] به یک عدد پین[۱۰] مجهز است که درون شیار چرخ متحرک[۱۱] حرکت می‌کند و موجب ایجاد حرکتی مقطعی می‌شود. یکی از خصوصیات مکانیزم ژنوا محدود بودن در تعداد توقف در هر دور می باشد; و این محدودیت عمدتا به سبب شتابی است که در مکانیزم‌هایی با ۳ توقف و یا بیشتر از ۸ توقف اتفاق می‌افتد. درمکانیزم ژنوا هر چه تعداد توقف کمتر باشد مشکلات مکانیکی بین اعضای محرک و متحرک کمتر است. هرچه توقف بیشتر باشد منجر به شتاب گیری زیاد چرخ ژنوا می شود .

پین محرک باید از جنس فولاد سخت و یا آهن آلاتی باشد که به خوبی در شکاف‌ها بچرخد و دارای سطحی صیقلی باشد تا حداقل تکان و لقی را داشته باشد، پس سعی می‌کنیم انطباق [۱۲] با لقی کم و یا جذبی باشد .

در ابتدای کار محور پین باید هم راستا با شکاف چرخ متحرک قرار گیرد، در غیر این صورت سبب ایجاد ضربه خواهد شد. برای کم کردن ضربه می‌توان پین را طوری طراحی کرد که با کم ترین سرعت ممکن با چرخ متحرک درگیر باشد.

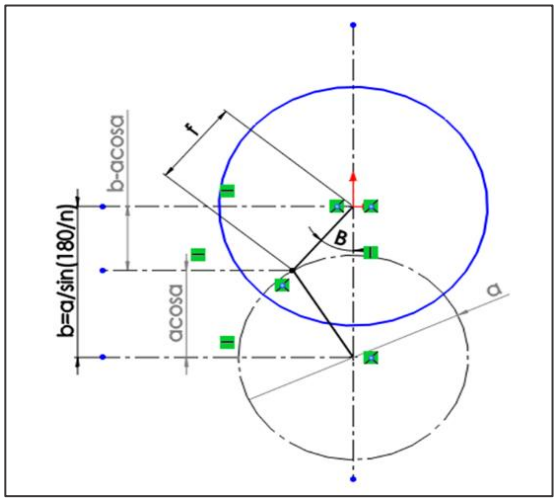
---

9 Drive wheel

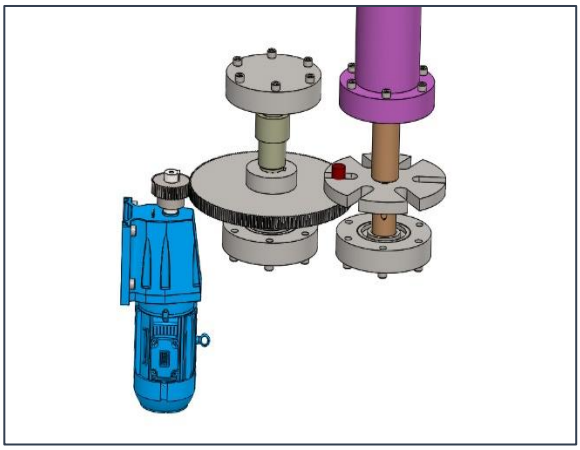
10 pin

11 Driven wheel

12 Tolerance



شکل ۱ : نمایش زوایا و فواصل ژنوا



شکل ۲: طراحی ژنوا

سه مولفه اولیه جهت طراحی چرخ ژنوا شامل موارد زیر می‌باشند :

توضیحات مولفه	مولفه
طول بازوی محرک	A
تعداد شیارها	N=6
قطر پین متحرک	Dr=20 mm

اندازه b و D که به ترتیب فاصله مرکز تا مرکز چرخ ها و قطر چرخ متحرک هستند مجهول بوده که باید آنها را به دست آورد .

فاصله b برابر است با :

$$b = \frac{a}{sin\frac{180}{n}} \qquad (1-1)$$

قطر چرخ متحرک برابر می‌شود با :

$$D = 2\sqrt{\frac{dr^2}{4} + a^2 cot^2\frac{180}{n}} \qquad (1-2)$$

از دیگر ابعاد مهم می‌توان به اندازه s اشاره نمود، بطوری که اگر به درستی محاسبه نشود پین محرک در هنگام عبور از شیار چرخ متحرک با انتهای شیار برخورد کرده و باعث توقف مکانیزم شده و ممکن است به سیستم صدمه وارد نماید .

اندازه s از رابطه زیر محاسبه می شود .

$$s \le a\big(1 - sin(B)\big) \qquad (1-3)$$

به هر میزان مقدار s کم‌تر باشد نشان دهنده این است که طراحی بهتر و قابل اطمینان‌تر بوده است.

زاویه B نشان دهنده انحراف پین از خط مرکزی شکاف‌ها می‌باشد لذا با افزایش این زاویه ضربه ایجاد می‌شود .انحراف زاویه B می‌تواند به میزان ± 5 درجه باشد.

در یک مکانیزم ژنوا در بخش چرخ متحرک , توسط یک موتورالکتریکی سنکرون که با سرعت ۳۶۰ دور بر دقیقه می چرخد، هدایت می‌گردد. یک پین، ۶ عدد شکاف چرخ محرک ژنوا را حرکت می دهد موارد زیر محاسبه شده‌اند:

(a) تعداد پیشرفت‌ها در هر دقیقه

(b) زاویه‌ای که از طریق آن چرخ ژنوا در طی هر چرخش به سمت چرخ محرک پیش می رود

(c) مدت زمان ساکن بودن چرخ متحرک

$$\frac{360}{60} = 6 \quad \text{(a)}$$

سرعت ۳۶۰ دور بر دقیقه برای هر یک ساعت کاری که برابر ۶۰ دقیقه می باشد تقسیم شده تا میزان پیشرفت در هر دقیقه مشخص گردد.

$$\alpha = 30 \quad \leftarrow \quad 2\alpha = \frac{360}{N} = \frac{360}{6} = 60 \quad \text{(b)}$$

$$\text{T=1/6s و } \lambda = 1/3 \leftarrow \quad \lambda = \frac{180-2\alpha}{360} \quad \text{(c)}$$

$$\tau = \lambda T = \frac{1}{18} = 0.0555s$$

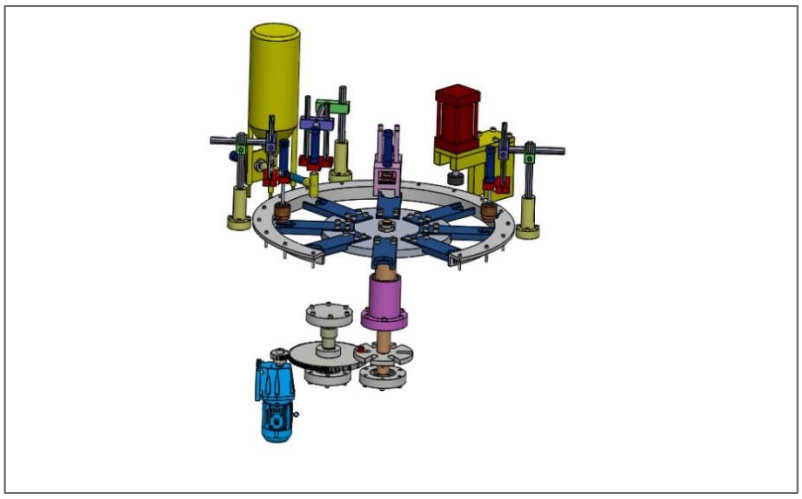
۱- ۱- انتخاب نوع اتوماسیون

اتوماسیون سخت [۱۳](ثابت):

از این نوع اتوماسیون در عملیات‌های ثابت و تکرارپذیر استفاده می‌شود تا میزان تولید افزایش یابد . این مدل از اتوماسیون به علت تک محصوله بودن المنت انتخاب شده است و دراین پروژه جهت تولید المنت آبگرمکنی و اتوماسیون سازی چند مرحله کار و تست استفاده خواهد شد.

توالی مونتاژ یکی از مهم‌ترین جزء یک طرح مونتاژی است. توالی مونتاژ یک قاعده کلیدی در تعیین ویژگی‌های مونتاژ بوده و مونتاژ نهایی را شکل می‌دهد. خط مونتاژ متشکل از چند ایستگاه کاری بوده که هر یک از آنها عهده دار انجام تعدادی کارهای ویژه می‌باشند. محصول در طی خط مونتاژ از یک ایستگاه کاری به ایستگاه بعدی و بر اساس فرامین مشخصی انتقال داده می‌شود ; در این روش مونتاژ از یک کلگی(هد) یا صفحه متحرک برای انتقال قطعات بین ایستگاه های کاری استفاده می شود.

هنگامی که قطعه‌ی تحت مونتاژ از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر منتقل می‌شود ضروری است که در محل خود بر روی صفحه ثابت بماند. برای این منظور قطعه تحت مونتاژ معمولا بر روی پایه حامل قرار می گیرد. ماشین طوری طراحی شده است که این پایه حامل بین ایستگاه ها جابه‌جا می‌شود. در این انتقال پیوسته ،شفت اصلی حامل صفحه با سرعت ثابت حرکت خواهد کرد . هنگامی که عملیات به طور کامل انجام شد حامل به موقعیت اولیه خود باز میگردد .



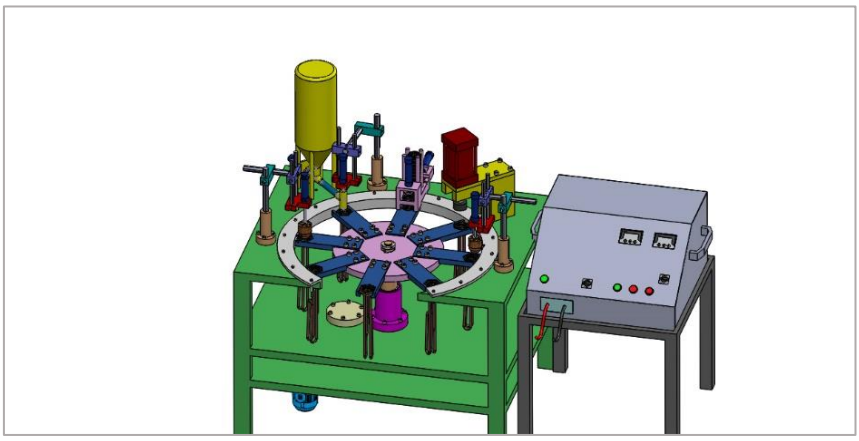
شکل ۳: طراحی چندین خطوط کاری در یک دستگاه

۱- ۱ -۱- قطعات مورد نیاز جهت ساخت دستگاه

13 Detroit

لیست کلی قطعات و مواد مورد نیاز اولیه			
شماره قطعه	نام قطعه	جنس قطعه	طریقه ساخت
1	المنت آبگرمکنی	لوله مسی	نورد -پرکنی - آنیل -خمکاری
2	میز	پروفیل آهن	برشکاری - جوشکاری
3	واشر آبگرمکنی	پلاستیک	قالب پلاستیک
4	پایه	آلومینیوم	سی ان سی
5	پایه نگهدارنده (طرح های مختلف)	فولاد mo40	سی ان سی
6	چرخ دنده ۱۳ دندانه	فولاد سمانته	ماشین کاری هابینگ
7	چرخ دنده ۵۰ دندانه	فولاد سمانته	ماشین کاری هابینگ
8	چرخ دنده ۴۰ دندانه	فولاد سمانته	ماشین کاری هابینگ
9	پلیت میز	فولاد mo40	سی ان سی
10	رینگ تفلونی	تفلون	فرزکاری سی ان سی
11	بخش ضربه زن	پلی اورتان	تراشکاری
12	بخش ضربه زن	لاستیکی	تراشکاری
13	جک پنوماتیکی ۳۰	قطعه استاندارد	
14	جک پنوماتیکی ۵۰	قطعه استاندارد	
15	پل	آلومینیوم	سی ان سی
16	پکینگ	لاستیکی	تراشکاری
17	لوله	آهنی	تراشکاری
18	پلیت جک	فولاد mo40	سی ان سی
19	قطعه پروب	مسی	تراش
20	سیم پروب	قطعه استاندارد	
21	پلیت روتاری	آهن	سی ان سی
22	شفت	آهن	تراشکاری
23	تانک چسب	آهن	
24	تست های ولتاژ	استاندارد	
25	تست برق ۱۱۰	استاندارد	
26	میز های ولتاژ	پروفیل آهن	برشکاری - جوشکاری
27	الکتروموتور	استاندارد	

جدول شماره ۱ : قطعات مورد نیاز جهت ساخت دستگاه تولید المنت



شکل ۴: دستگاه طراحی شده جهت اتوماسیون سازی تولید المنت

این دستگاه چندین خطوط کاری نظیر تست ولتاژ بالا[14] ، تزریق چسب رزین اپوکسی ، قرار گیری درپوش پلاستیکی، مونتاژ آن بر روی المنت و مجددا تست ولتاژ بالا را بر عهده دارد .

در بخش اتوماسیون سازی، موارد زیر حائز اهمیت می‌باشد :

۱. افزایش تولید
۲. کاهش نیروی انسانی
۳. حذف ایجاد بیماری تنفسی و پوستی در نیروی انسانی
۴. حذف احتمال برق گرفتگی نیروی انسانی
۵. حذف خطای دید در تشخیص المنت معیوب
۶. استفاده از جک های پنوماتیک و ایجاد ضربه یکسان جهت جا زدن واشر به جای نیروی دست اپراتورها و عدم قرارگیری درست واشرها بر روی فلنج

نتیجه‌گیری :

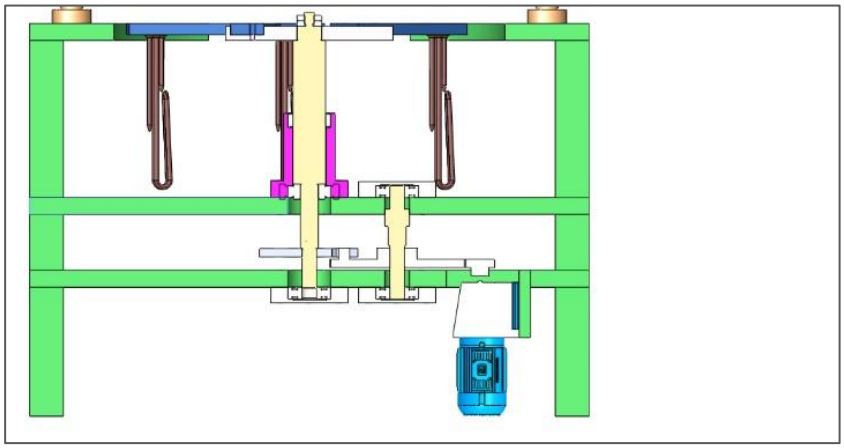
اولین یافته ای که از پژوهش حاضر به دست آمد ترکیب چرخ دنده و ژنوا برای کاهش دور و اتوماسیون کردن یک یا چند فرآیند می باشد که با طراحی انجام شده در نرم افزار Solid Works و مشابه سازی فرایند صورت گرفت .

دومین دستاورد طراحی ترکیبی جهت انجام چندین فرایند در قالب یک دستگاه بوده است تا فرایند تولید پیوسته باشد و دقت در تولید محصول افزایش یابد .

سومین دستاورد طراحی دقیق جهت کنترل محصولات و انجام تست های لازم جهت جلوگیری از خروج محصول معیوب از کارخانه می باشد .

چهارمین دستاورد این دستگاه کاهش خطرات تنفسی و پوستی برای نیرو های انسانی می باشد .

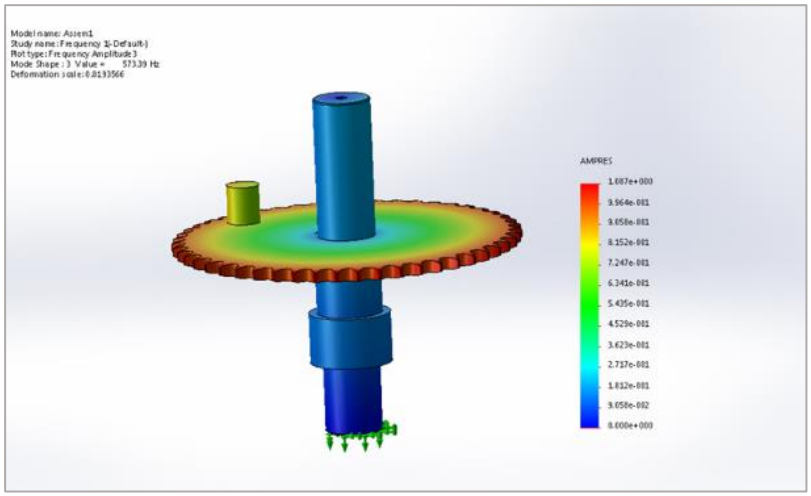
14 Hipot



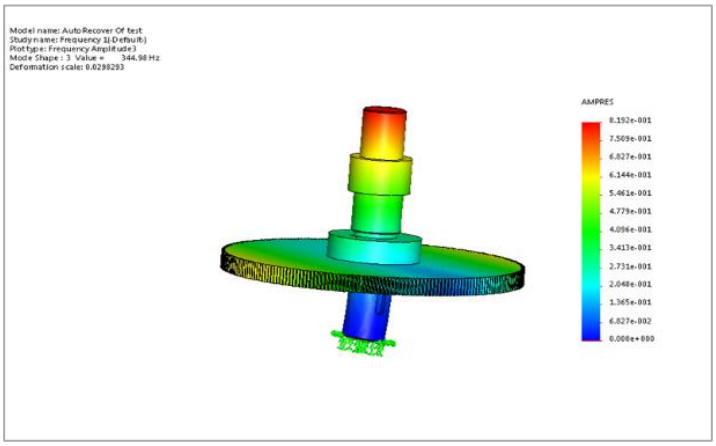
شکل ۵ : برش بخش ترکیب ژنوا و چرخ دنده

پنجمین دستاورد ،دستیابی به کاهش دور مورد نیاز و توقف مورد نیاز در هر ایستگاه کاری پس از ترکیب چرخ دنده و چرخ ژنوا در طرح شبیه سازی شده طبق فرمول های بالا انجام شده است .

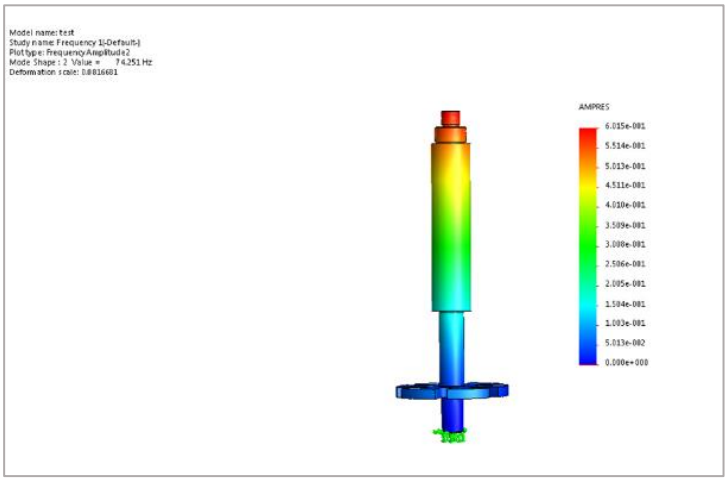
این پژوهش بر تحلیل اجزای محرک، نظیر شفت ها و .... توسط نرم افزار SolidWorks پرداخته است ; که گزارش آن در تحلیل‌های کامپیوتری زیر (اشکال ۶ الی ۹) ارائه شده است .



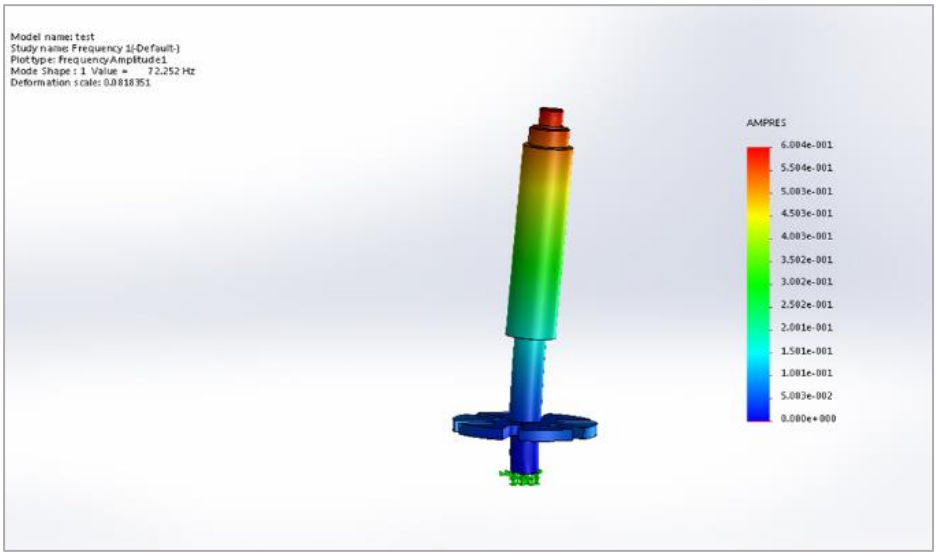
شکل۶ : تحلیل شفت همراه چرخ محرک



شکل ۷ : تحلیل شفت و چرخ دنده

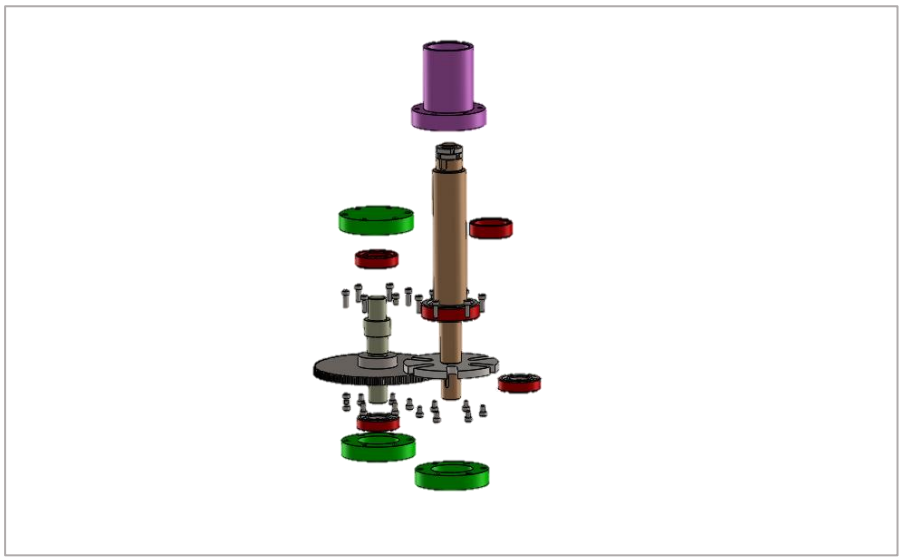


شکل ۸: تحلیل شفت همراه چرخ محترک

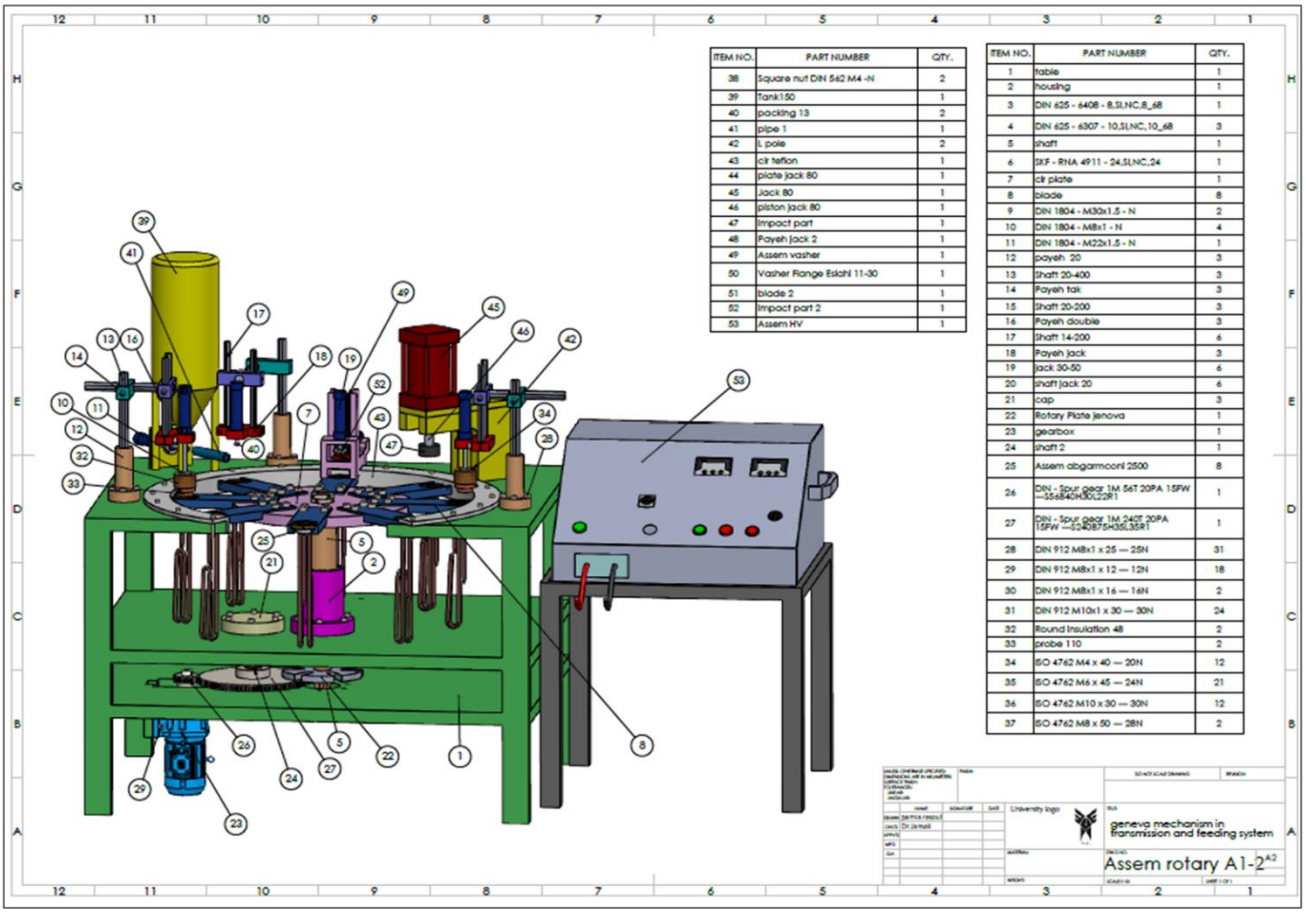


شکل ۹ : تحلیل شفت تحت تاثیر دور بالا

بر اساس تحلیل های انجام شده، شفت ها توسط فلنج‌ها و بلبرینگ‌ها مهار شده اند و در طراحی دارای کمترین تغییر شکل و در نتیجه کمترین تنش اعمالی بر روی آنها خواهند بود .



شکل ۱۰: مهار شفت ها با فلنج و بلبرینگ



شکل ۱۱: نمایش اجزا دستگاه طراحی شده

مراجع

منابع فارسی :

[1] دکتر سید محسن صفوی , مونتاژ اتوماتیک و طراحی محصول , اصفهان ارکان دانش ۱۳۸۹

منابع خارجی :

[2] Multi-stage Geneva mechanism –An T. yang ;lihM.Hsia /university of California ,1979

[3] Design improvements for motion picture film projectors /christoper L.Dumont , Andrew F.kurz

[4] optimization of kinematic characteristic of Geneva mechanism by genetic algorithm/M.Heidari,M.Zahiri ,and H.Zohoor

[5] Geneva mechanism/DR.G.Nakhai jazar ,assistant professor /department engineering of north Dakota state university ,fargo,fall 2003

[6] Design of Geneva mechanisms with curved slots for non-undercutting manufacturing/ Department of Mechanical Engineering, National Taiwan University/ Jyh-Jone Lee/2009

[7] Parametric Design and Motion Analysis of Geneva Wheel Mechanis/ Zhuhai College of Jilin University/En-guang zhang and li wang /2017