

طراحی یک پمپ جدید

با استفاده از مکانیزم لنگ

کلمات کلیدی: پمپ جابجائی مثبت، شبیه سازی دینامیکی، شبیه سازی FEM

چکیده:

در این مقاله یک مکانیزم جدید برای پمپ معرفی می شود و به بررسی ویژگی های آن پرداخته و آنرا با پمپ های موجود مقایسه خواهیم کرد، همچنین در مورد کاربردها و روش ساخت آن بحث خواهیم کرد.

همانطور که می دانیم وظیفه پمپ تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی سیالی می باشد بنابراین برای طراحی یک پمپ می بایست مکانیزمی ارائه شود تا بتواند انرژی مکانیکی را که معمولاً توسط موتور دورانی تولید می شود به نحو مؤثرتری به انرژی سیالی تبدیل کند، انرژی سیالی از دو ترم تشکیل می شود: فشار و جریان، در این میان پمپ های جابه جایی مثبت به منظور ایجاد فشار در سیستم های هیدرولیک و پنوماتیک توسعه داده شده اند.

برای ارزیابی یک پمپ می بایست به پارامترهایی مانند: توان تولید فشارهای بالا، حجم جابه جایی زیاد، راندمان بالا، ضریب کم در جریان خروجی، هزینه ساخت کم و آسان بودن تعمیرات و نگهداری توجه کرد.

برای محاسبه حجم جابه جایی پمپ جدید از روش تحلیلی استفاده شده و برای بررسی عملکرد مکانیزم پمپ در ایجاد جریان از شبیه سازی دینامیکی در نرم افزار MSC.visual Nastran استفاده شده است، همچنین برای بهینه سازی طراحی اجزاء پمپ از روش عددی FEM در نرم افزار ANSYS بهره گیری شده است.

در پایان نتایج بدست آمده از تحلیل ها و عملکرد پمپ جدید ارزیابی شده و عملکرد آنرا با پمپ های موجود مقایسه کرده ایم، همچنین در مورد ساخت این پمپ و چگونگی تعمیرات و نگهداری آن بحث شده است.

مقدمه :

پمپ ها به عنوان یکی از مهمترین اجزای سیستم های مکانیکی محسوب می شوند و عملکرد آنها نقش بسیار مهمی بر روی عملکرد کل سیستم دارد و می بایست عملکرد پمپ متناسب با نیاز سیستمی که در آن بکار می رود باشد ، از این رو طرح های مختلفی برای پمپ ها پیشنهاد شده و در هر شاخه ای از علم مکانیک با توجه به نیاز سیستم ها طرح های مناسبی برای پمپ ها در نظر گرفته می شود . به عنوان مثال در بیو مکانیک یکی از موضوعاتی که در این شاخه مطرح است طراحی پمپی است که بتواند به عنوان قلب مصنوعی در بدن انسان قرار گیرد و وظیفه این عضو را به خوبی انجام دهد ، مهمترین مشخصه ای که پمپ مورد نظر می بایست داشته باشد ، عدم نیاز به تعمیرات و نگهداری است .

در زمینه پمپ های جابجایی مثبت نیز معیارهای خاصی برای طراحی پمپ در نظر گرفته می شود، از جمله مهمترین معیارهای انتخاب پمپ می توان به موارد ذیل اشاره کرد :

- فشار بیشینه

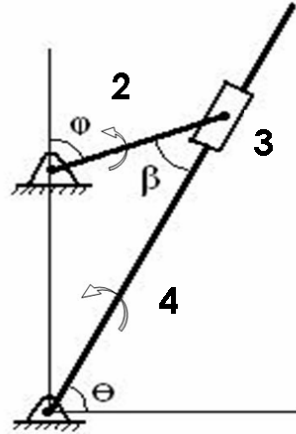
- دبی بیشینه

- راندمان حجمی و راندمان کلی

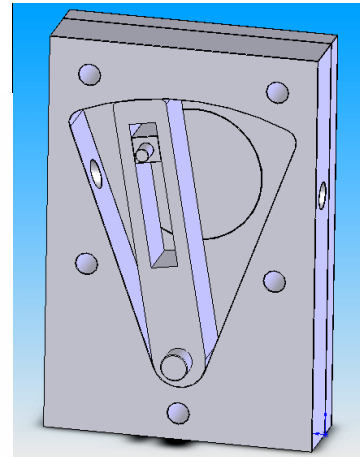
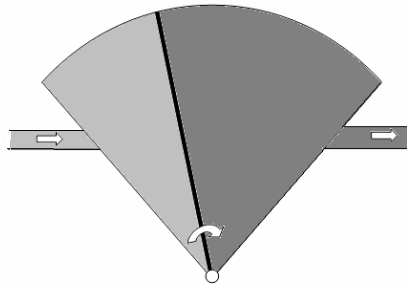
- ضربان در جریان

طرح ایده :

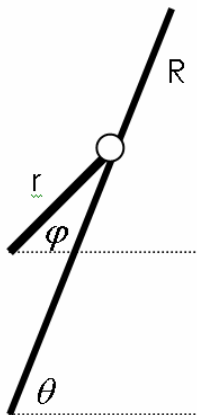
در این پمپ از مکانیزم لنگ برای ایجاد حجم جابجایی استفاده شده است ، همان طور که در شکل مشخص شده است مکانیزم مورد نظر چهار عضوی است و عضو شماره 2 محرک سیستم می باشد و عضو شماره 4 به عنوان پره پمپ نقش جدا کردن ورودی و خروجی را دارد ، در واقع این قطعه با حرکت چپ و راست عمل مکش و دهش را انجام می دهد ، در این صورت حجم جابجایی پمپ دو برابر حجم حفره پمپ می باشد ، البته می بایست حجم پره را از این مقدار کم کرد.



در شکل زیر دو ناحیه مشخص شده است که توسط یک پره از هم جدا شده اند، در حرکت از چپ به راست، ناحیه سمت راست در حال کاهش حجم است و در مرحله دهمش قرلر دارد و ناحیه سمت چپ در حال افزایش حجم است در نتیجه مرحله مکش را طی می کند، البته برای ایجاد جریان مستقیم باید از دو شیریکطرفه در هر یک از ورودیهای پمپ ویا مکانیزم سوپاپ استفاده شود.



برای محاسبه جریان پمپ می بایست سرعت دورانی پره را محاسبه کنیم



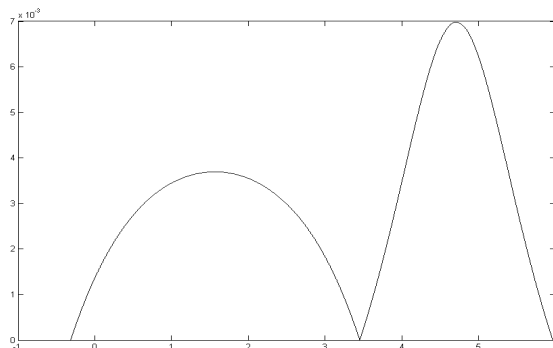
$$R \cos(\theta) = r \cos(\varphi)$$

$$\dot{\theta} R \sin(\theta) = \dot{\varphi} r \sin(\varphi)$$

$$R \dot{\theta} = \dot{\varphi} r \sin(\varphi) / \sin(\theta)$$

$$Q = R w \dot{\theta} = w \dot{\varphi} r \sin(\varphi) / \sin(\theta)$$

در این فرمول R و w طول و عرض پره پمپ، r طول بازوی لنگ و $\dot{\varphi}$ سرعت دورانی محور پمپ می باشد، در نتیجه با فرض ثابت بودن این مقادیر جریان پمپ با تغییر زوایای θ و φ تغییر می کند.



نمودار جریان پمپ در یک دور

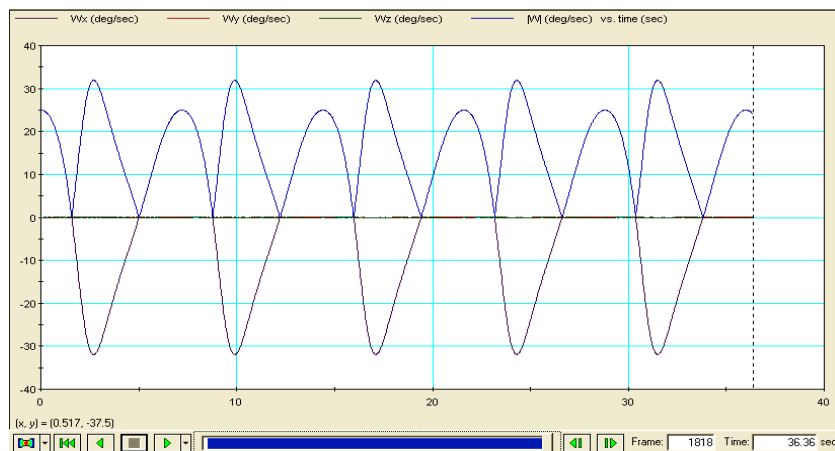
همانطور که مشخص است ضربان پمپ زیاد است چرا که در طول یک سیکل دو بار سرعت حرکت پره صفر می شود همچنین سرعت حرکت رفت و برگشت متفاوت است اما می توان با ترکیب چند پمپ با اختلاف فاز مناسب تا حد زیادی ضربان جریان را کاهش داد .

شبیه سازی دینامیکی :

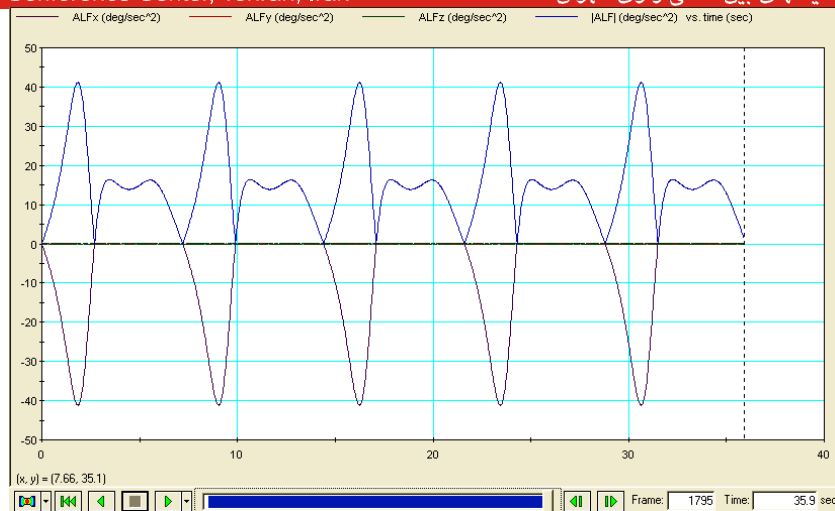
همانطور که گفته شد برای محاسبه جریان می بایست سرعت زاویه ای پره پمپ محاسبه شود ، برای این منظور نتایج زیر با استفاده از نرم افزار MSC.visual Nastran و با فرض شرایط ذیل به دست آمده است :

- فشار ثابت در خروجی

- گشتاور ورودی موتور ثابت



نمودار سرعت زاویه ای پره پمپ

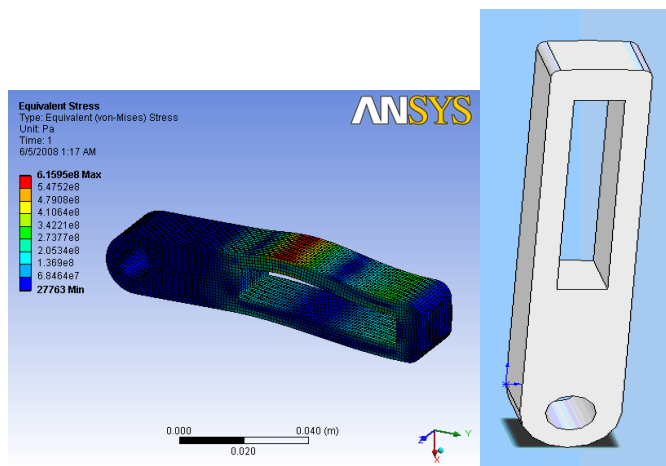


نمودار شتاب زاویه ای پره پمپ

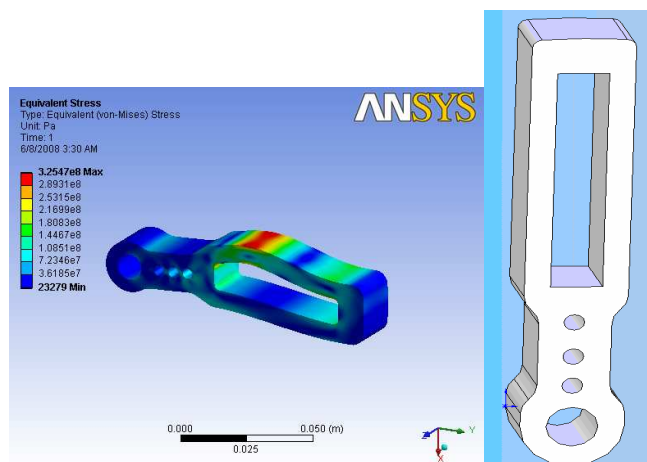
همانطور که مشاهده می شود نتایج شبیه سازی کامپیوتری با حل تحلیل انجام شده مطابقت دارد و تنها در نتیجه شبیه سازی کمی انحراف در نمودار مشاهده می شود که به علت وجود اصطکاک در سطوح تماس است که درحل تحلیلی محاسبه نشده است .

طراحی اجزاء :

برای طراحی اجزاء این پمپ ابتدا یک طرح به صورت پیش فرض ارائه می شود ، سپس با توجه به نتایج شبیه سازی عددی به کمک نرم افزار ANSYS آنرا اصلاح می نمائیم ، شکل زیر طرح اولیه پره و نتیجه تحلیل تنش آنرا نشان میدهد .



برای بهبود طراحی این جزء با کاهش قطر ساقه و افزایش ضخامت دیواره ها وزن قطعه و تنش بیشینه را کمتر کردیم .



نکات مهم در ساخت :

همان طور که می دانیم جنس قطعات و روش ساخت آنها با توجه به وظیفه و شرایط کاری آنها در نظر گرفته می شود ، از این رو به نکات مهم در ساخت قطعات بصورت مختصر اشاره می شود :

- پره پمپ : مهمترین قطعه پمپ می باشد و عمر مفید آن برابر عمر مفید پمپ است ، در بخش بهینه سازی طراحی قطعات در مورد طراحی بهینه این قطعه توضیحاتی ارائه شد و از آنجائی که این قطعه علاوه بر تحمل تنش ، تحت اثر سایش حاصل از حرکت آن بر روی سطوح آب بندی است ، می بایست از جنسی ساخته شود که علاوه بر تحمل تنش بالا و مقاومت به خستگی (به علت تغییر جهت نیرو) مقاومت به سایش خوبی نیز داشته باشد ، بنابراین برای ساخت این قطعه می توان با انتخاب فولاد آلیاژی مناسب وانجام عملیات حرارتی سطحی پس از فرآیند های ماشین کاری به خواص مورد نظر رسید .

- صفحات آببندی : صفحاتی که در دو طرف حوضچه پمپ قرار می گیرند نیز می بایست مقاومت به سایش بالا داشته باشند چرا که در معرض سایش حاصل از حرکت پره بر روی آنها قرار دارند ، در مورد این قطعات چون متحرک نیستند میتوان از چدن مقاوم به سایش استفاده کرد .

- حوضچه : این قطعه تنها تحت اثر تنش حاصل از اعمال فشار هیدرولیکی است و برای ساخت آن میتوان از چدن معمولی استفاده کرد .

نتیجه :

باتوجه به نوع مکانیزم حجم جابجائی این پمپ نسبت به ابعاد آن زیاد است چرا که حجم حوضچه بخش بزرگی از حجم کل پمپ می باشد در نتیجه می توان گفت نسبت حجم جابجائی به ابعاد این پمپ در میان پمپ های جابجائی مثبت بالاترین نسبت را دارد. همانطور که در طرح اولیه پمپ مشاهده می شود سطوح آببندی این پمپ تخت می باشد و به راحتی با سنگزنی تخت ساخته می شوند در نتیجه می توان گفت تکنولوژی ساخت آن ساده بوده و هزینه تولید کمی دارد .

در این پمپ قطعات متحرک کمی به کار گرفته شده است و این امر باعث کاهش هزینه های ساخت ، تعمیرات و نگهداری و نیز افزایش راندمان مکانیکی خواهد شد ، همچنین با افزایش کیفیت سطوح آبنندی می توان راندمان حجمی را بالا برد البته می توان گفت که فشار بیشینه نیز تابع کیفیت سطوح آبنندی و جنس قطعات است بنابراین می توان از آن در فشارهای بالا استفاده کرد .

در زیر جدولی برای مقایسه مشخصات این پمپ با سایر پمپ های موجود ارائه شده است .

قیمت	راندمان	ضربان جریان	حجم جابجائی	فشار بیشینه	
بسیار زیاد	بالا	ندارد	متوسط	بالا	پیستونی محوری
متوسط	متوسط	زیاد	کم	بالا	پیستونی شعاعی
زیاد	متوسط	ندارد	کم	متوسط	پره ای
کم	کم	کم	کم	متوسط	چرخ دنده ای
کم	متوسط	زیاد	زیاد	متوسط	طرح جدید

فهرست منابع و ماخذ :

مدینه، احمد رضا. هیدرولیک صنعتی. چاپ اول. تهران. کانون پژوهش. ۱۳۸۴

گریست، توماس. هیدرولیک صنعتی پیشرفته و کنترلهای هیدرولیکی. بیرانوند، حسین. تهران. نشر طراح. ۱۳۸۵

Banks, D.D. Industrial hydraulic systems: an introduction . Prentice Hall .1988.

Bansal, R.K. A text book of fluid mechanics and hydraulic machines . A, Saurabh & Co.1983.

Rohner, Peter Industrial hydraulic control: a textbook for fluid power technicians . John Wiley.1995.