

طراحی نرم افزار ویژه برای انجام محاسبات مربوط

به سیستم های فرمان هیدرولیکی (۵۷۴)

پیام جوادی کیا^۱، سید سعید محتسبی^۲، رضا علیمردانی^۳ و لیلا ندرلو^۴

چکیده

امروزه اکثر تراکتورهای پیشرفته مجهز به سیستم فرمان هیدروستاتیکی (ایستناپی) می باشند. یکی از اجزاء مهم این نوع فرمان شیر اربیترویل است که این شیر، کنترل مدار هیدرولیکی را انجام می دهد دستگاه تست اربیترویل در کشور موجود نمی باشد. با این حال برای کارخانه های سازنده تراکتورها و تعمیرکاران بسیار ضروری است. با عنایت به این ضرورت دستگاه مذکور طراحی شده و در حال ساخت می باشد. با این وجود با توجه به ساختمان بسیار پیچیده این شیرهای کنترل نیاز به نرم افزاری است تا بتوان محاسبات هیدرولیکی را برای هر نوع شیر اربیترویل انجام داده و تنظیمات مربوطه را به سیستم اعمال نمود. نرم افزار مذکور در محیط برنامه نویسی ویژوال بیسیک تدوین شده و سپس درستی عملکرد آن به کمک محاسبات دستی و نیز نرم افزار Automation Studio تأیید شده است.

کلیدواژه: نرم افزار، هیدرولیک، سیستم فرمان هیدرولیکی، اربیترویل

^۱ - عضو هیأت علمی گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه، پست الکترونیک: pjavadikia@ut.ac.ir

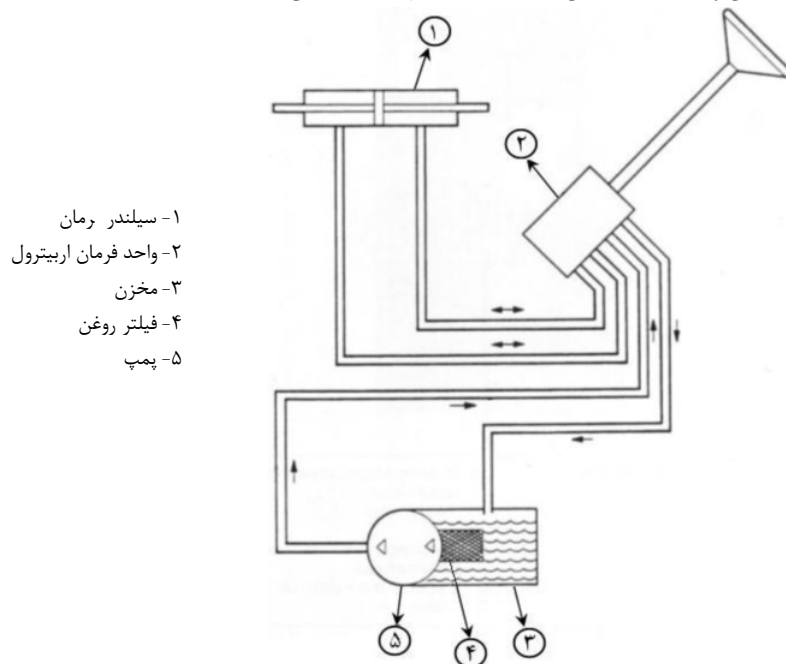
^۲ - دانشیار گروه ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران

^۳ - استاد گروه ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران

^۴ - دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران

مقدمه

تمام تراکتورهای پیشرفته امروزی دارای سیستم فرمان ایستائایی می باشند. سیستم فرمان ایستائایی، سیستم قدرتمندی است که در آن هیچگونه اتصال مکانیکی بین فرمان و چرخهای تراکتور وجود ندارد در این سیستم روغن از طریق پمپ وارد واحد کنترل فرمان ایستائایی شده و باعث چرخش فرمان و هدایت روغن به بازوی مورد نظر فرمان می شود [12, 14]. زمانی که غربالک فرمان ساکن است واحد کنترل، روغن را وارد مدار دیگری می کند. از آنجا که در این سیستم هیچگونه اتصال مکانیکی وجود ندارد، می توان از یک پمپ دستی (پمپ اندازه گیر) برای کنترل فرمان استفاده کرد. در سیستم هایی که همزمان از یک پمپ هیدرولیک کمکی استفاده می شود مشخصات کلی سیستم به گونه دیگر است. در شکل (۱) نمونه ای از سیستم فرمان نشان داده شده است که در آن روغن از طریق پمپ دنده ای وارد شیر کنترل اربیتورول شده و آنگاه به سمت جک فرمان هدایت می شود. مخزن روغن دارای فیلتر خیلی ریزی است که به قسمت پشتی پمپ متصل است به انتهای ستون فرمان، اربیتورول متصل است. لوله های هیدرولیک، اربیتورول را به بازوی فرمان و پمپ دنده ای متصل می کنند در این سیستم روغن به کمک پمپ از مخزن، پس از عبور از فیلتر فوق وارد اربیتورول می شود و از آنجا به قسمت بازوی مورد نظر که متأثر از جهت چرخش غربالک فرمان است تغذیه می شود نیروی هیدرولیک، چرخها را در جهت مورد نظر چرخانده و در نهایت روغن اضافی مجدداً به مخزن برگردانده می شود. اربیتورول دارای یک شیر فشار شکن و یک شیر اطمینان است که از سیستم محافظت می کند [6, 7, 13].



۱- سیلندر فرمان

۲- واحد فرمان اربیتورول

۳- مخزن

۴- فیلتر روغن

۵- پمپ

شکل ۱- مدار فرمان

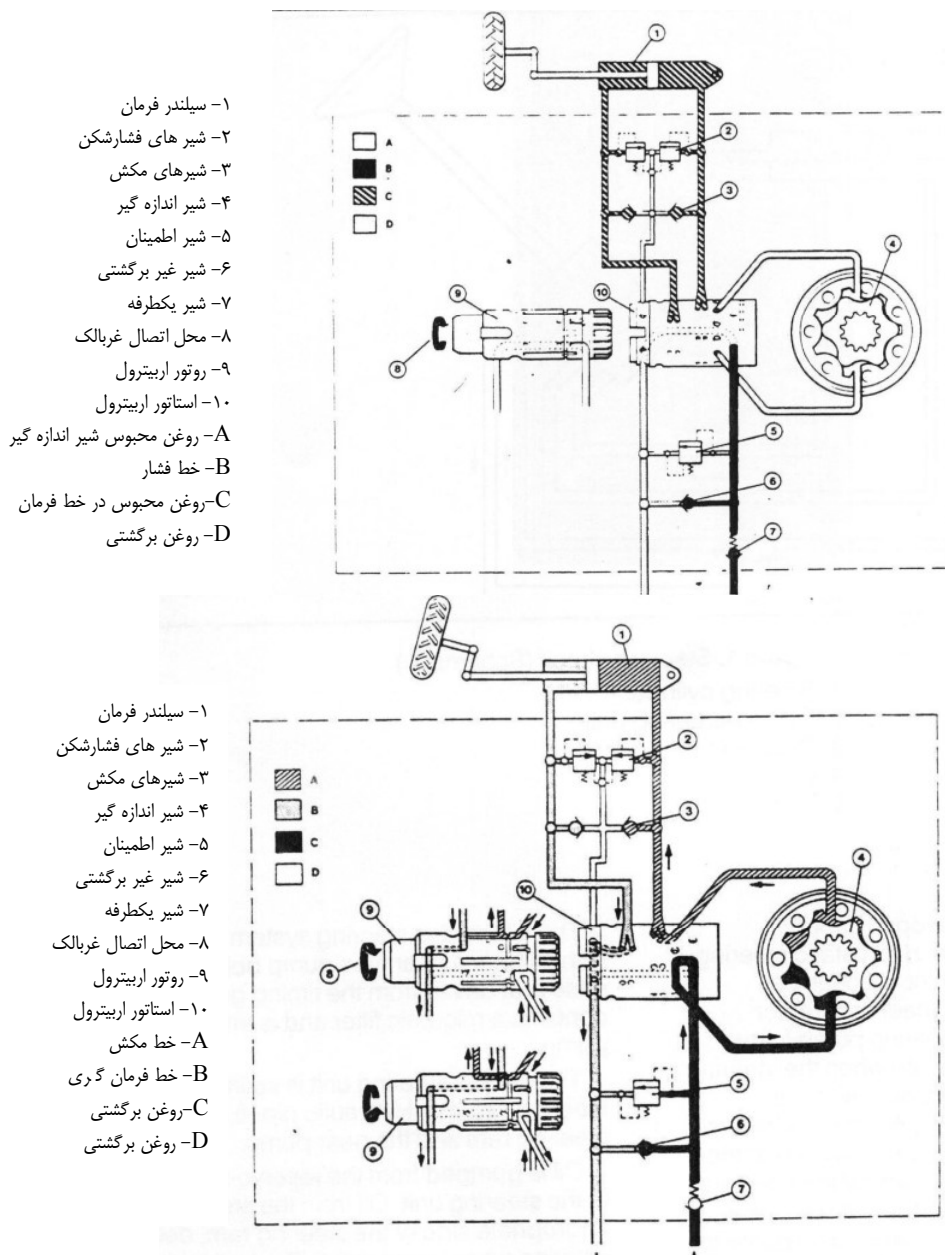
وضعیت خلاص در اربیتورول

در وضعیت خلاص روغن از پمپ هیدرولیک به سمت اربیتورول سرازیر می شود. سوراخهای روتور در امتداد سوراخهای استاتور است به گونه ای که روغن مستقیماً از قسمت میانی شیر به سمت مدار برگشتی جریان، هدایت می شود. کلیه مسیرها به سمت سیلندر بسته شده است. دو شیر فشار شکن و دو شیر مکش از داخل به مجراهای خروجی چپ و راست متصل شده است شیر فشار شکن کنترل کننده فشار سیستم بین بازوی فرمان و اربیتورول است. وظیفه شیر مکش آن است که اجازه نمی دهد سمت دیگر سیستم خالی از روغن باشد (شکل ۲).

فرمان گیری در حالی که موتور روشن است

حرکت غربالک فرمان سبب به حرکت درآمدن روتور در مقابل فنرهای ورقه ای شکل می شود که به دنبال آن مجرا فشار باز شده و شکافهای روتور در امتداد سوراخهای استاتور قرار گرفته، روغن را به پمپ دستی (پمپ اندازه گیر) هدایت می کند حرکت بیشتر غربالک فرمان تا آنجا ادامه می یابد که چرخها، استاتور و پمپ دستی به چرخش در آیند همزمان پمپ دستی بده روغن را اندازه

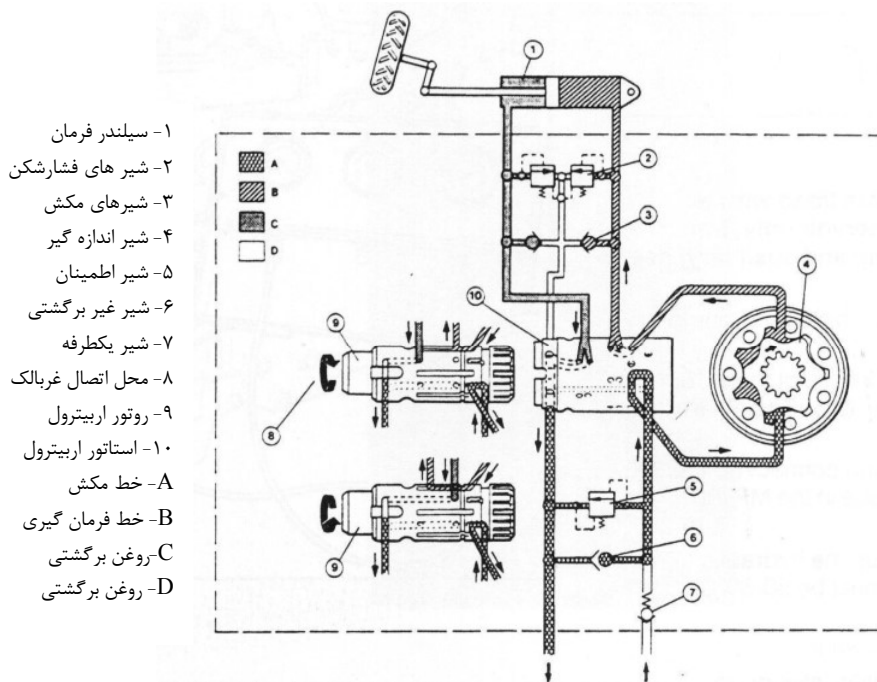
گرفته و آن را مجدداً به استاتور و روتور برگشت می دهد. روغن برگشتی از طریق شکافهای استاتور به قسمت غربالک فرمان یا چرخها هدایت می شود. روغن برگشتی از سیلندر فرمان نیز از طریق شکافهای استاتور وارد مسیر برگشت می شود. در مسیر حد فاصل ورودی روغن و شیر روتور از قسمت درونی و در واحد اریترول، یک شیر اطمینان قرار دارد که نقش آن حفاظت از پمپ در مقابل فشارهای اضافی است برای مثال زمانی که چرخها کاملاً قفل شده اند این شیر بکار می افتد. در مسیر ورودی روغن از پمپ و در قسمت اریترول یک شیر کنترل قرار دارد که نقش آن ممانعت از ایجاد فشار بیش از حد در نتیجه برگشت روغن از چرخها به پمپ اصلی به هنگام چرخش فرمان است (شکل ۳).



شکل ۳- مدار اریترول - فرمان گیری در حالی که موتور روشن است

فرمان گیری در حالی که موتور خاموش است

در مواردی که لازم می شود که فشار پمپ هیدرولیک برداشته شود فرمان می بایستی همزمان به چرخش ادامه دهد. برای این منظور در حد فاصل ورودی و مسیر برگشتی در قسمت درونی اربیتورول یک شیر کنار گذر تعبیه شده است. در مواردی که پمپ هیدرولیک درست کار می کند این شیر بر اثر فشار روغن بسته مانده و روغن وارد روتور می شود. در مواردی که فشار پمپ هیدرولیک کاهش می یابد روغن برگشتی از جک فرمان از طریق شیر کنارگذر وارد روتور می شود. بدین ترتیب در تمامی اوقات فرمان تحت کنترل است (شکل ۴) [10,11].



- ۱- سیلندر فرمان
- ۲- شیر های فشارشکن
- ۳- شیرهای مکش
- ۴- شیر اندازه گیر
- ۵- شیر اطمینان
- ۶- شیر غیر برگشتی
- ۷- شیر یکطرفه
- ۸- محل اتصال غربالک
- ۹- روتور اربیتورول
- ۱۰- استاتور اربیتورول
- A- خط مکش
- B- خط فرمان گیری
- C- روغن برگشتی
- D- روغن برگشتی

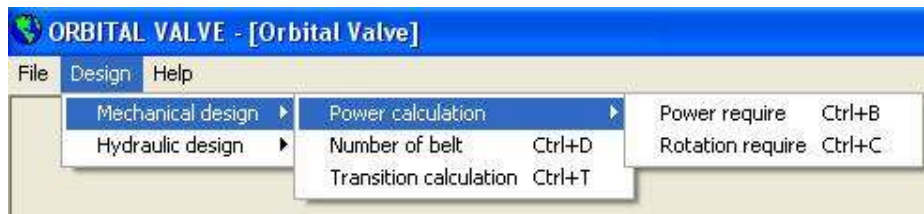
با توجه به ساختمان پیچیده شیر فرمان اربیتورول که به طور مختصر توضیح داده شد پر واضح است که سیستم هیدرولیکی مربوط به دستگاه تست این شیر پیچیدگی به مراتب بیشتری خواهد داشت و نکته حائز اهمیت این است که این دستگاه بایستی برای هر نوع اربیتورول به طور مجزا تنظیم شود چرا که مشخصات شیرهای درونی موجود در شیر اربیتورول متفاوت است و دستگاه تست متناسب با هر کدام، تنظیمات خاص خود را خواهد داشت لذا ضرورت این نرم افزار پر رنگ تر احساس می شود.

مواد و روشها [1-5]

نرم افزار طراحی شده قادر به انجام دو نوع کلی از محاسبات شامل محاسبات مکانیکی و محاسبات هیدرولیکی می باشد. لازم به ذکر است که این نرم افزار مجهز به تمامی جداول استاندارد برای انتخاب ضرایب مورد نیاز است که به طور هوشمند مورد استفاده قرار می گیرند. ضمناً در پنجره های نرم افزار کافی است اطلاعات خواسته شده را وارد کنیم تا محاسبات مربوطه انجام شود. لذا به دلیل محدودیت از توضیح تک تک پنجره ها خودداری می نمایم.

الف) محاسبات مکانیکی توسط نرم افزار

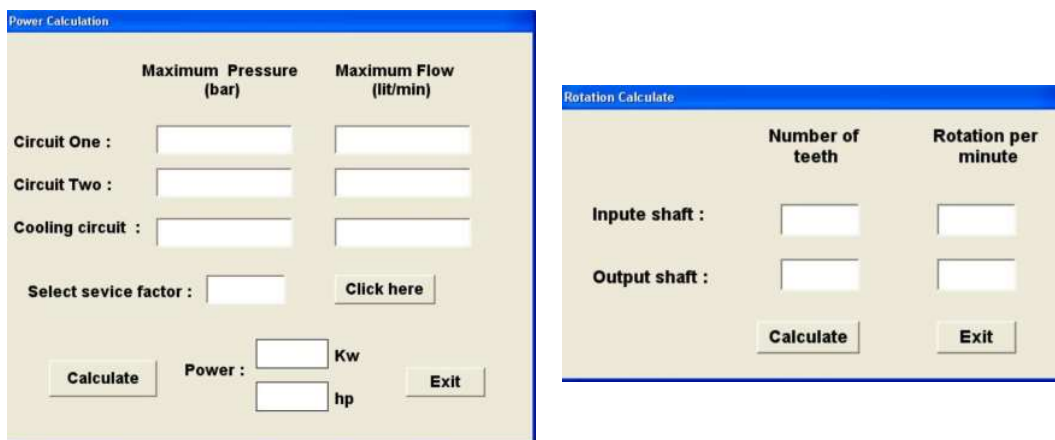
برای انجام محاسبات مکانیکی از زیر منوی Mechanical design استفاده می شود. با کلیک بر روی آن زیر منویی دیگری ظاهر می شود که محاسبات توان مورد نیاز شامل توان پمپ و الکتروموتور، محاسبه سرعت دورانی مورد نیاز برای الکتروموتور، محاسبه تعداد تسمه های لازم برای انتقال توان از الکتروموتور به پمپ و نوع تسمه ها و محاسبه قطر محور مورد نیاز برای انتقال توان آورده شده است (شکل ۵).



شکل ۵- منوی و زیر منوهای مربوطه

محاسبه توان و دور مورد نیاز برای پمپ و الکتروموتور

برای محاسبه توان مورد نیاز برای پمپ و الکتروموتور از زیر منوی Mechanical design و زیر منوی Power calculation استفاده می شود (شکل ۶).



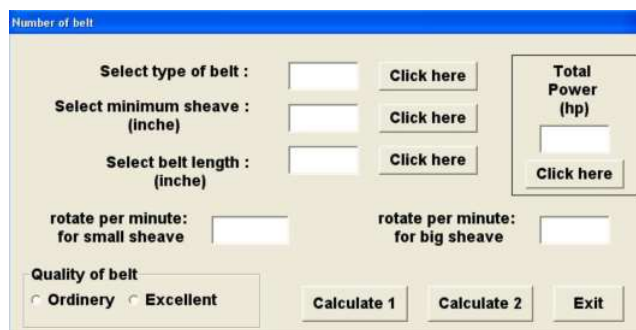
شکل ۶- پنجره های مربوط به محاسبه توان و دور مورد نیاز پمپ و الکتروموتور

محاسبه تعداد تسمه های لازم و قطر پولی مورد نیاز برای انتقال توان از الکتروموتور به پمپ

برای محاسبه تعداد تسمه های لازم از گزینه Number of belt در زیر منوی Mechanical design (شکل ۷) و برای محاسبه قطر پولی مورد نیاز از گزینه Transition calculation از همین زیر منو (شکل ۸) استفاده می شود.

ب) محاسبات هیدرولیکی توسط نرم افزار

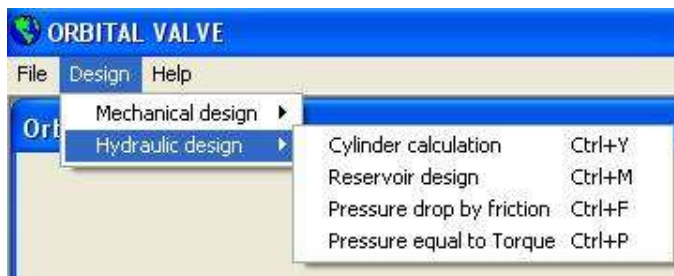
برای انجام محاسبات هیدرولیکی Hydraulic design را از منوی Design انتخاب می کنیم. در زیر منوی ظاهر شده محاسبات مربوط به جک های دوطرفه، محاسبه ظرفیت و ابعاد مخزن، محاسبه افت موجود در کل سیستم و محاسبه گشتاور و معادل سازی آن با فشار و رسم نمودارهای حساسیت جک ها اشاره شده است (شکل ۹).



شکل ۷- پنجره مربوط به محاسبه تعدادتسمه

Transition Calculation			
Small sheave : (inche)	<input type="text"/>	Big sheave: (inche)	<input type="text"/>
Total Power: (kw)	<input type="text"/>	Velocity of belt : (ft/min)	<input type="text"/>
Length between centers of sheaves : (inche)	<input type="text" value="96.3588"/>	Click here to help	
Rate of : T1/T2	<input type="text"/>	Click here	Distance center of : sheave from wall
Ct :	<input type="text"/>	Cm :	<input type="text"/>
Click here		Yield Strength: (psi)	<input type="text"/>
Click here		Click here	
Calculate			
T1 :	<input type="text"/> lb	M :	<input type="text"/> lb.in
T2 :	<input type="text"/> lb	T :	<input type="text"/> lb.in
Click here to Refresh		Diameter of : shaft (in)	<input type="text"/>
			Exit

شکل ۸- پنجره مربوط به محاسبه قطر پولی



شکل ۹- منوی مربوط به محاسبات هیدرولیکی

محاسبات مربوط به جک های دو طرفه

برای این منظور بخش Cylinder calculation از زیر منوی Hydraulic design را کلیک می کنیم (شکل ۹). پنجره ای تحت همین عنوان ظاهر می شود (شکل ۱۰).

شکل ۱۰- پنجره مربوط به جک های دو طرفه

محاسبات مربوط به مخزن

با کلیک بر روی Reservoir design از منوی Hydraulic design و یا با استفاده از کلید میانبر Ctrl+M، پنجره ای باز می شود که عنوان آن Reservoir design می باشد (شکل ۱۱).

شکل ۱۱- پنجره مربوط به محاسبات مخزن

محاسبه افت های ناشی از اصطکاک در مدار

با کلیک بر روی Pressure drop by friction از منوی Hydraulic design و یا با استفاده از کلید میانبر Ctrl+F ، پنجره ای باز می شود که همان عبارت در نوار عنوان آن نوشته شده است (شکل ۱۲) . برای محاسبه افت های مذکور بایستی طول معادل محاسبه شود که این امر توسط پنجره شکل ۱۳ با کلیک بر روی دکمه Continue انجام می گد.

شکل ۱۲- پنجره محاسبه افت های ناشی از اصطکاک در مدار

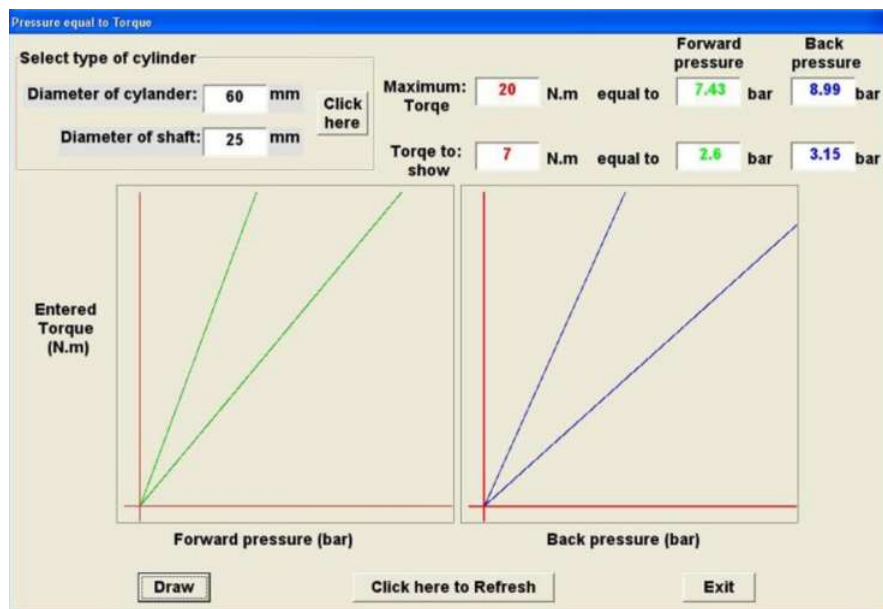
شکل ۱۳- پنجره محاسبه طول معادل در افت فشارهای اصطکاکی

رسم نمودارهای حساسیت سیلندر

با کلیک بر روی $Pressure\ equal\ to\ Torque$ در زیر منوی $Hydraulic\ design$ و یا با استفاده از کلید میانبر $Ctrl+P$ ، پنجره ای باز می شود که در شکل ۱۴ نشان داده شده است. در این پنجره ابتدا قطر سیلندر و قطر محور سیلندر را وارد کرده سپس گشتاور بیشینه و گشتاور مورد نظر خود را وارد می نماییم. با کلیک بر روی دکمه $Draw$ نمودارهای حساسیت سیلندر رسم می شود که نمودار سبز رنگ، تغییرات گشتاور را نسبت به تغییرات فشار رو به جلو نمایش می دهد و نمودار قرمز رنگ نیز تغییرات گشتاور را نسبت به تغییرات فشار رو به عقب را نمایش می دهد. در ضمن فشارهای روغن در حرکت رو به جلو و عقب جک، در گشتاورهای وارد شده محاسبه و نمایش داده می شود که فشارهای سبز رنگ برای نمودار سبز رنگ و فشارهای قرمز رنگ برای نمودار قرمز رنگ می باشد. نکته قابل توجه در این پنجره این است که با استفاده از نمودارهای حساسیت سیلندر می توان بهترین نوع جک را انتخاب نمود چرا که هر چه شیب نمودارهای رسم شده کمتر باشد میزان تغییرات گشتاور نسبت به فشار کاهش می یابد و هرچه شیب نمودارهای رسم شده بیشتر شود میزان تغییرات گشتاور نسبت به فشار افزایش می یابد و با کوچکترین افزایش فشاری گشتاور بسیار زیادی اعمال می شود.

نتیجه گیری

این نرم افزار به طور کامل و دقیق توسط محاسبات دستی و همچنین نرم افزار $Automation\ Studio$ بررسی شده و خروجی آنها به کمک آزمون t مقایسه شده است. نتایج آزمون t نشان داد که بین خروجی نرم افزار و خروجی محاسبات دستی و نیز بین خروجی نرم افزار و خروجی نرم افزار $Automation\ Studio$ اختلاف معنی داری وجود ندارد بلکه محاسبات نرم افزار تدوین شده دقیق تر بوده است.



شکل ۱۴- پنجره مربوط به رسم نمودارهای حساسیت سیلندر

منابع:

۱. بهروزی لار، م. و محتسبی س. ۱۳۸۱. اصول طراحی سیستم های هیدرولیک، ترجمه، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی
۲. دلایلی ح. و مدینه، ا. ۱۳۸۲. هیدرولیک صنعتی شناسایی و کاربرد، جلد اول، چاپ دوم، انتشارات کانون پژوهش اصفهان
۳. دلایلی ح. و مدینه، ا. ۱۳۸۲. هیدرولیک صنعتی شناسایی و کاربرد، جلد دوم، چاپ دوم، انتشارات کانون پژوهش اصفهان
۴. موتابی، ه. ۱۳۷۱. طراحی اجزاء ماشین، جلد اول، چاپ سوم، انتشارات نشر آشینا تبریز
۵. ولی نژاد، ع. ۱۳۸۳. جداول و استانداردهای طراحی و ماشین سازی، چاپ پانزدهم، انتشارات تابان تهران
6. Anonymous.1983,Hydraulic components (cataloge of hydraulic valves and other components).Manesman rexroth.RE 00101/01.91.
7. Blackburn, J.F. 1960. Fluid power control. John Wiley & Sons. Inc. London. pp.710.
8. Friedrichen, W.E. and Moller, J. 1991. Tractor hydraulic, current tendencies and future developements. Landtechnik, No. 46: 332-334.
9. Hughes, E. and Tilley, D.1998. Research and future developments in the design of fluid power system. Landwards., Vol. 53(1): 7-9
10. Liqiaolu, L.Z. 1992. A new type of testing bench for tractor hydraulic lifting system. Transaction of the C.S.A.M., Vol. 3: 19-24.
11. Oberg, I.Valdemar, E. 1975. Machinery's handbook. Oberg, E. and Jones, F.D., Inc. New York. Pp.1056-1075.
12. Pinches, J. Ashby, J.G. 1988. Power hydraulics. Sheffield city Polytechnic, UK. pp.1-100.
13. Sullivan, J.A. 1982. Fluid Power : theory and application. Atkius, C., Inc. pp.528.
14. Watton, J. 1988. Fluid Power system. Prentice – Hall., inc. New York. Pp.1-14.



Design of Special Software for Calculating of Hydraulic Steering Systems

Javadikia P., S.S. Mohtasebi, R. Alimardani and L. Naderloo

Abstract: One of the most important systems on the machines, tractors and agricultural machines is the steering unit. With improving automobile systems, the requirement for comfortable and perfect control of these systems is increased. In this way, the most advanced tractors have equipped with hydrostatic steering system. This system contains several sensitive and complicated hydraulic parts which of them is orbitrol valve that controls hydraulic circuit. Nevertheless with due attention to many complicated structure of orbitrol valve it is necessary to develop a software to hydraulic calculations for any type of them. This software was developed by visual basic software and then verified by manual calculations and automation studio software.

Keywords: software, hydraulic, hydraulic steering system, orbitrol.