

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

# هیدرولیک ماشین آلات سنگین

تألیف:

مهندس علی اصفیاء

مدرس دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

مهندس سید عبدا... موسوی

مهندس هادی بنایی بروجنی

تابستان ۱۳۹۳

سر شناسنامه	: اصفیاء، علی، ۱۳۳۲.
عنوان و نام پدید آور	: هیدرولیک ماشین آلات سنگین / تألیف علی اصفیاء.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۱۹۴ص: مصور، جدول.
شابک	: 978-964-2651-79-5
وضعیت فهرست نویسی	: فیا.
موضوع	: ماشین آلات هیدرولیک
موضوع	: هیدرولیک
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۳ هـ / الف ۸۴۰ TJJ
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۵۹۱۸۷۸



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	: هیدرولیک ماشین آلات سنگین
تألیف	: مهندس علی اصفیاء، مدرس دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، مهندس هادی بنایی بروجنی، مهندس سید عبدالموسوی
ویراستار ادبی	: عباس مرادی
نوبت چاپ	: اول - تابستان ۱۳۹۳
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	: نگین سبز
چاپ	: برهان
طراح جلد	: عباس مرادی
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس و صفحه آرا	: نیره فیروزی
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد
قیمت	: ۸,۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۲۶۵۱-۷۹-۵

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.  
نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰،  
۲۲۹۷۰۰۷۰، نامبر: ۲۲۹۷۰۰۰۳، پست الکترونیکی: Publish@srttu.edu، وب سایت: <http://Publish.srttu.edu>

## مقدمه

امروزه در انواع دستگاه‌های هیدرولیکی، شیرهای هیدرولیکی ساده جای خود را به شیرهای الکتروهیدرولیکی یا شیرهای تناسبی داده‌اند. شیرهای الکتروهیدرولیک نسبت به شیرهای ساده دارای دقت و صحت و همچنین سرعت عملکرد بسیار بالاتری می‌باشند. این شیرها در صنایع پتروشیمی، گاز، هوا فضا، ساختمان، راهسازی، فولاد، صنایع خودرو و ... استفاده می‌شوند. در کارخانه‌های خودروسازی مدار هیدرولیکی دستگاه‌های پرسکاری، ربات‌ها و ... دارای شیر الکتروهیدرولیک هستند. در ماشین‌های سواری سیستم‌های فرمان هیدرولیک و ترمز ضد قفل و سیستم‌های تعلیق فعال دارای شیرهای الکتروهیدرولیک می‌باشند. این شیرها در ماشین‌آلات سنگین نیز کاربرد فراوانی دارند. در فصل اول انواع شیرهای الکتروهیدرولیک معرفی و عملکرد تناسبی آن‌ها بررسی شده است. در فصل دوم سیستم‌های فرمان پر قدرت ماشین‌آلات سنگین قدیمی و جدید و در فصل سوم انواع سیستم‌های ترمز هیدرولیکی و الکتروهیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است دو خط افقی رسم شده در بالا و پایین نماد شیر هیدرولیکی، نماد تناسبی بودن شیر می‌باشد. آشنایی با اصول اساسی و مقدماتی هیدرولیک پیش نیاز فهم و درک بهتر مطالب این کتاب می‌باشد. توصیه می‌شود قبل از مطالعه این کتاب مطالب پایه مرور شود.



## فهرست

صفحه	عنوان
الف	مقدمه
<b>فصل اول شیرهای الکترو هیدرولیک تناسبی</b>	
۳	۱-۱. هیدرولیک تناسبی
۳	۱-۱-۱. هیدرولیک تناسبی چیست؟
۷	۲-۱-۱. اجزای یک سیستم هیدرولیکی تناسبی
۸	۳-۱-۱. مزایای سیستم هیدرولیکی تناسبی
۸	۲-۱. نحوه عملکرد شیرهای تناسبی
۹	۱-۲-۱. سولنوئید تناسبی
۱۱	۲-۲-۱. سولنوئیدهای تناسبی دارای کنترل کننده موقعیت خطی
۱۵	۳-۲-۱. کنترل و اصلاح موقعیت مکانی اسپول
۱۶	۴-۲-۱. عملکرد شیرهای تناسبی
۱۸	۵-۲-۱. شیر محدود کننده فشار تناسبی
۲۲	۶-۲-۱. بررسی عملکرد شیر کاهنده فشار تناسبی
۲۴	۷-۲-۱. بررسی عملکرد شیر کنترل جریان تناسبی
۲۶	۸-۲-۱. بررسی عملکرد شیرهای کنترل مسیر تناسبی
۲۹	۹-۲-۱. دسته بندی شیرهای هیدرولیک تناسبی
۳۰	۳-۱. پارامتر، منحنی و خصوصیات شیرهای هیدرولیک تناسبی
۳۰	۱-۳-۱. ورودی و خروجی شیرهای هیدرولیک تناسبی
۳۱	۲-۳-۱. پسماند، محدوده برگشت، آستانه پاسخ گویی
۳۳	۳-۳-۱. نمودار مشخصه شیرهای فشار
۳۴	۴-۳-۱. نمودار مشخصه شیرهای کنترل جریان و شیرهای کنترل مسیر تناسبی
۳۸	۵-۳-۱. پارامترهای دینامیکی شیر
<b>فصل دوم بررسی سیستم های فرمان پر قدرت</b>	
۴۳	۱-۲. مقدمه
۴۳	۱-۱-۲. تعاریف عمومی سیستم فرمان
۴۳	۲-۱-۲. دسته بندی سیستم های فرمان

۴۴	۳-۱-۲. ویژگی‌های سیستم فرمان هیدرولیکی
۴۵	۲-۲. سیستم‌های فرمان هیدرولیکی ماشین‌آلات چرخ زنجیری
۴۶	۱-۲-۲. فرمان ماشین‌آلات چرخ زنجیری (شنی‌دار) با شیر یک مرحله‌ای
۵۱	۲-۲-۲. فرمان ماشین‌آلات چرخ زنجیری (شنی) دارای شیر دو مرحله‌ای
۵۵	۳-۲. سیستم فرمان ماشین‌آلات سنگین قدیمی
۵۵	۱-۳-۲. سیستم‌های فرمان هیدرولیکی دارای اتصالات مکانیکی ماشین‌آلات سنگین
۵۶	۲-۳-۲. سیستم فرمان هیدرولیکی ساده ماشین‌آلات سنگین
۵۸	۴-۲. فرمان ماشین‌آلات سنگین دارای شیر فرمان چرخشی
۵۹	۱-۴-۲. شیر فرمان چرخشی
۷۰	۲-۴-۲. انواع شیر فرمان چرخشی
۷۹	۳-۴-۲. بررسی چند سیستم فرمان طراحی و اجرا شده
۸۸	۴-۴-۲. عیب‌یابی و تعمیرات شیر فرمان چرخشی
۱۰۹	۵-۲. فرمان ماشین‌آلات سنگین دارای شیر فرمان چرخشی و شیرهای الکتروهیدرولیکی
۱۱۰	۱-۵-۲. انواع مدل‌های شیر الکتروهیدرولیک فرمان
۱۳۳	۲-۵-۲. بررسی چند نمودار

### فصل سوم بررسی انواع سیستم‌های ترمز هیدرولیکی ماشین‌آلات سنگین

۱۳۹	۱-۳. مقدمه
۱۴۰	۳-۱-۱. مزیت‌های سیستم ترمز هیدرولیکی بر سیستم ترمز پنوماتیکی
۱۴۲	۳-۲. سیستم ترمزهای معمولی
۱۴۳	۳-۲-۱. سیستم ترمز معمولی
۱۴۵	۳-۲-۲. سیستم ترمز معمولی با دو مدار ترمز مستقل
۱۴۶	۳-۲-۳. شیر ترمز زیر پدال دابل
۱۴۷	۳-۲-۴. سیستم ترمز معمولی با چهار مدار ترمز مستقل و کارانداز پیلونی
۱۴۸	۳-۲-۵. سیستم ترمز ماشین‌آلات چرخ زنجیری
۱۵۰	۳-۳. ترمز دستی
۱۵۰	۳-۳-۱. کاربرد ترمز دستی

۱۵۰	۲-۳-۳. نحوه عملکرد
۱۵۲	۴-۳. سیستم ترمز پر قدرت (بوستر دار)
۱۵۲	۱-۴-۳. سیستم ترمز بر قدرت ساده
۱۵۳	۲-۴-۳. چند نکته
۱۵۵	۳-۴-۳. شکل برش خورده یک شیر ترمز واقعی
۱۵۸	۴-۴-۳. پمپ اصلی ترمز دارای شیر محدود کننده فشار
۱۶۰	۵-۴-۳. پمپ اصلی ترمز دابل
۱۶۱	۵-۳. سیستم ترمز اینچینگ
۱۶۱	۱-۵-۳. نسل‌های سیستم ترمز اینچینگ
۱۶۲	۲-۵-۳. سیستم‌های ترمز اینچینگ دو پداله
۱۶۹	۳-۵-۳. سیستم‌های ترمز اینچینگ تک پداله
۱۷۹	۴-۵-۳. سیستم‌های ترمز اینچینگ الکتروهیدرولیکی
۱۸۴	۶-۳. سیستم ترمز الکتروهیدرولیکی
۱۸۴	۱-۶-۳. مدل اول
۱۸۴	۲-۶-۳. بررسی عملکرد قسمت الکترونیکی
۱۸۶	۳-۶-۳. مدل دوم
۱۸۶	۴-۶-۳. سیستم ترمز الکتروهیدرولیکی یک مدل تریلر
۱۸۸	۵-۶-۳. سیستم ترمز ضد قفل (ABS)

# فصل اول

## شیرهای

## الکترو هیدرولیک

## تناسبی





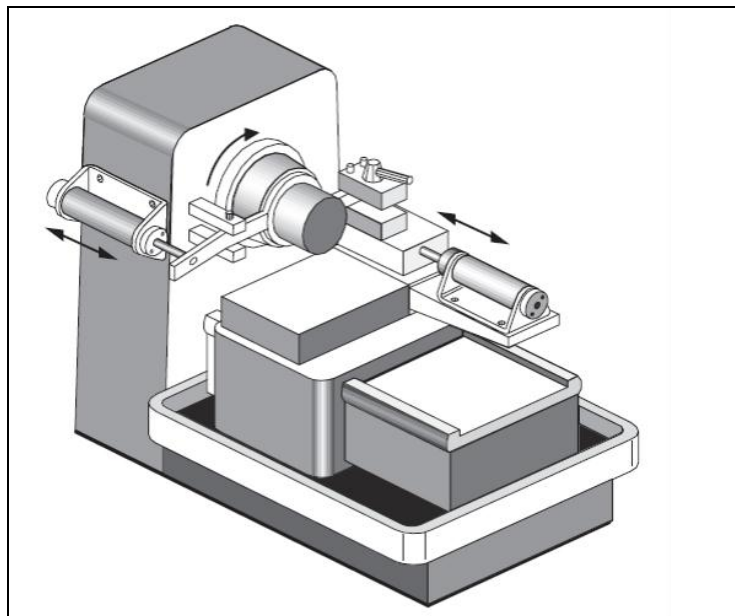
## ۱-۱. هیدرولیک تناسبی

### ۱-۱-۱. هیدرولیک تناسبی چیست؟

سیستم‌های هیدرولیک دارای ویژگی‌ها و مزیت‌های فراوانی هستند. توانایی ایجاد نیروی زیاد، وزن و فضای کم مورد نیاز تجهیزات و امکان کنترل دقیق نیرو از جمله این مزیت‌ها می‌باشند. مثلاً با یک سیلندر ساده هیدرولیکی می‌توان یک حرکت خطی با نیروی بسیار زیاد تولید کرد. مجموع همه این مزیت‌ها موجب کاربرد وسیع هیدرولیک در مهندسی مکانیک، صنایع خودروسازی و همچنین در صنایع هواپیمایی شده است.

با پیشرفت روز افزون اتوماسیون در سیستم‌های هیدرولیکی، ضرورت کنترل فشار، سرعت و جهت حرکت مایع هیدرولیک توسط سیستم‌های کنترل الکتریکی مشخص می‌شود. شیرهای تناسبی معمولی‌ترین وسیله‌ای است که برای کنترل الکتریکی سیستم‌های هیدرولیکی استفاده می‌شود. به منظور نشان دادن مزیت سیستم‌های کنترل تناسبی مثال زیر را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در این مثال سه نمونه از مدارات هیدرولیکی را که برای حرکت یک سیلندر ماشین تراش استفاده می‌شوند، مقایسه می‌نماییم.

شکل ۱-۱ انواع حرکت‌هایی که یک ماشین تراش می‌تواند داشته باشد را نشان می‌دهد. در اینجا مدارات مختلف ممکن سیلندر ماشین تراش را بررسی و مقایسه می‌نماییم.

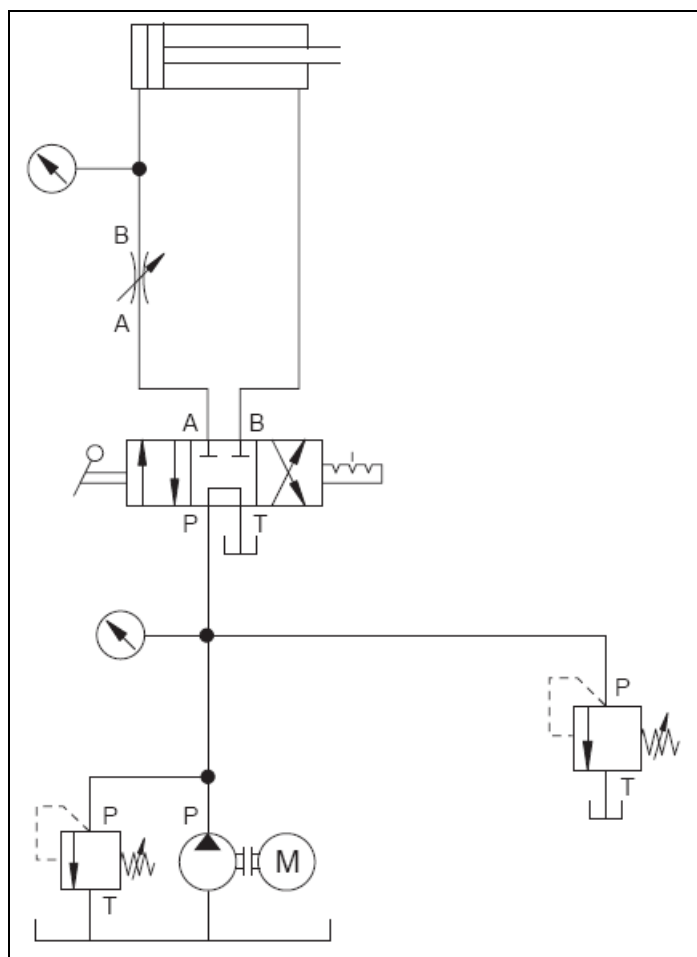


شکل ۱-۱. انواع حرکات در یک ماشین تراش

**۱-۱-۱-۱. ماشین تراش با شیرهای کنترل دستی**

شکل ۲-۱ مدار هیدرولیکی سیلندر ماشین تراش با شیر کنترل دستی را نشان می‌دهد. این مدار دارای خصوصیات زیر است:

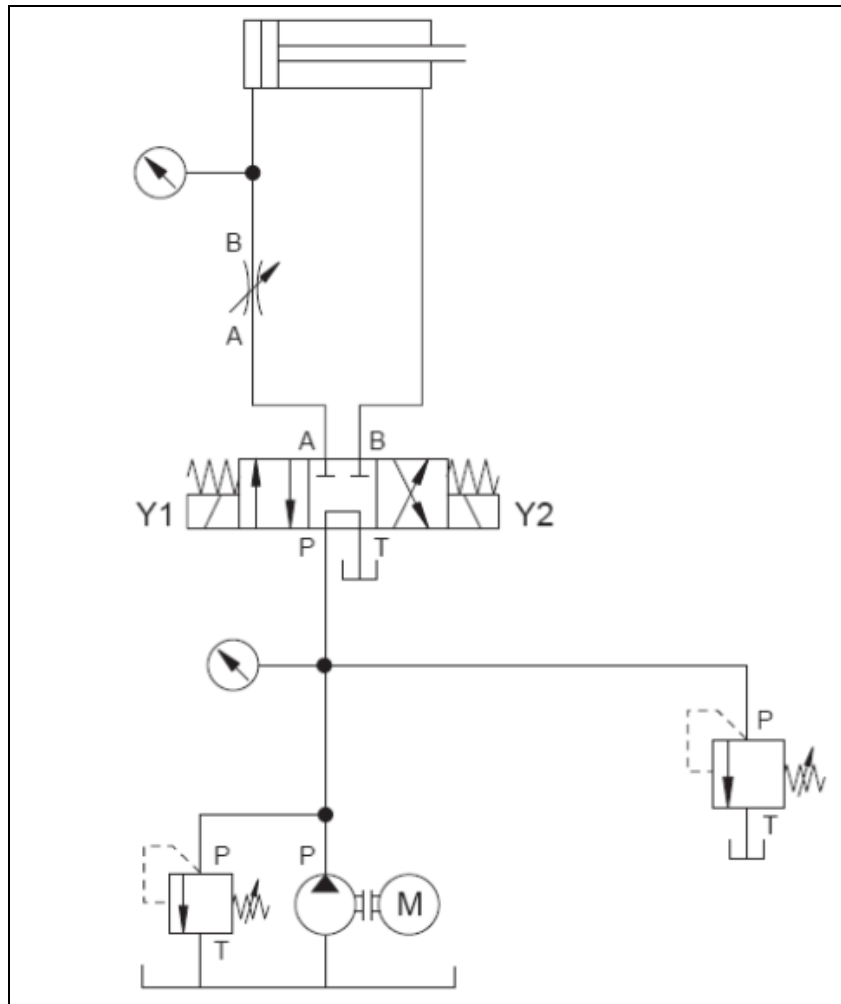
- الف. فشار و جریان در طول کورس سیلندر ثابت است و توسط پیچ تنظیم، تعیین می‌شود.
- ب. سرعت و جهت جریان روغن در طول عملیات، توسط کارانداز دستی شیر قابل کنترل می‌باشد.
- ج. در این سیستم هیچ کدام از شیرها را نمی‌توان به طور الکتریکی کنترل نمود. بنابراین نمی‌توان از این سیستم به عنوان یک سیستم اتوماتیک استفاده کرد.



شکل ۲-۱. مدار هیدرولیک یک سیلندر ماشین تراش با کنترل دستی

### ۲-۱-۱-۱. ماشین تراش با شیرهای کنترل الکتریکی ساده

در این حالت شیرهای چند راهه به صورت الکتریکی کنترل می‌شوند. در این سیستم کاربر می‌تواند از حالت اتوماتیک استفاده کند، که این روش از طریق کنترل الکتریکی شیرها انجام می‌گیرد. فشار و جریان در طول عملیات تغییر نمی‌کند. در نتیجه باز هم سرعت ثابت است و در صورتی که کاربر تمایل به ایجاد هر نوع تغییر برای مثال نیاز به تغییر در سرعت پیشروی داشته باشد، باید ماشین را خاموش کرده سپس دبی و فشار شیر را به صورت دستی تنظیم نماید. مدار هیدرولیک این سیستم در شکل ۳-۱ مشاهده می‌شود.



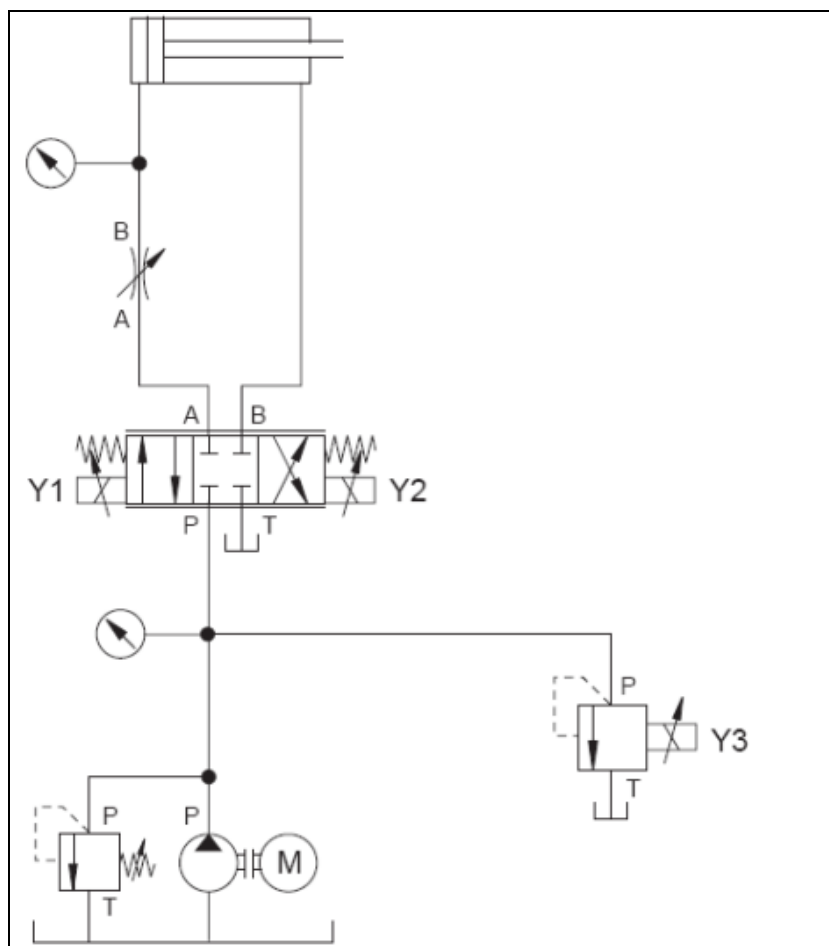
شکل ۳-۱. مدار هیدرولیک یک سیلندر ماشین تراش با کنترل الکتریکی ساده

### ۳-۱-۱-۱. ماشین‌تراش با شیرهای کنترل الکتریکی تناسبی

شکل ۴-۱ مدار هیدرولیک ماشین‌تراش با شیرهای کنترل الکتریکی تناسبی را نشان می‌دهد که در آن:

الف. شیرهای تناسبی توسط سیگنال‌های الکتریکی کنترل می‌شوند. سرعت و جهت جریان روغن هیدرولیک، با سیگنال کنترل متناسب است. پس سرعت حرکت دسته پیستون دائماً به وسیله تغییرات سرعت جریان الکتریکی تنظیم می‌شود.

ب. سیگنال دیگری فشار شیر کنترل تناسبی را مشخص می‌کند. فشار دائماً توسط این سیگنال تنظیم می‌شود.

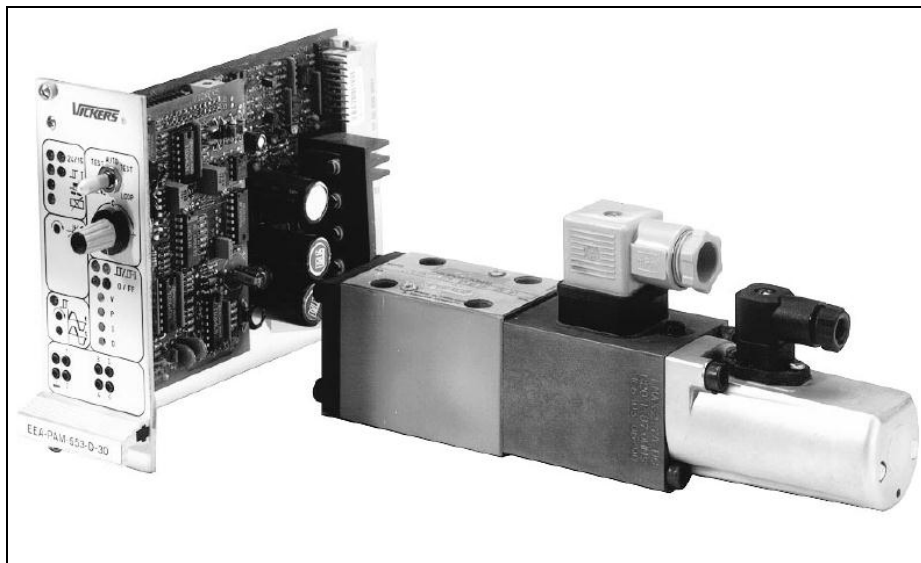


شکل ۴-۱. مدار هیدرولیک یک سیلندر ماشین‌تراش با کنترل الکتریکی تناسبی

در شکل ۴-۱ شیر کنترل تناسبی دو عمل را هم زمان انجام می‌دهد. یکی کنترل جریان و دیگری کنترل مسیر که اگر می‌خواستیم از سیستم به کار رفته در شکل ۳-۱ استفاده کنیم باید از دو شیر در مدار استفاده می‌کردیم تا یکی از شیرها وظیفه کنترل جریان و شیر دیگر وظیفه کنترل مسیر را انجام دهند.

شیرهای کنترل تناسبی توسط سیستم کنترل الکتریکی و از طریق سیگنال دریافتی کنترل می‌شوند. توسط این سیستم می‌توان در طول انجام عملیات، کارکرد ماشین را کنترل نمود. برای پایین آوردن فشار روغن در جهت نیروی وارده (مثلاً برای جلوگیری از سرخوردن یا له‌شدن قطعه کار به دلیل فشار زیاد) از شیرهای کنترل فشار تناسبی استفاده می‌شود. برای شروع آهسته و بدون ضربه و ملایم و جلوگیری از سر خوردن می‌توان از شیرهای کنترل جریان تناسبی استفاده کرد. همه این شیرها چه نوع کنترل فشار تناسبی و چه کنترل جریان تناسبی قابلیت کار به صورت اتوماتیک و بدون مداخله کاربر را دارند.

شکل ۵-۱ واقعی یک شیر الکتروهیدرولیک را نشان می‌دهد.

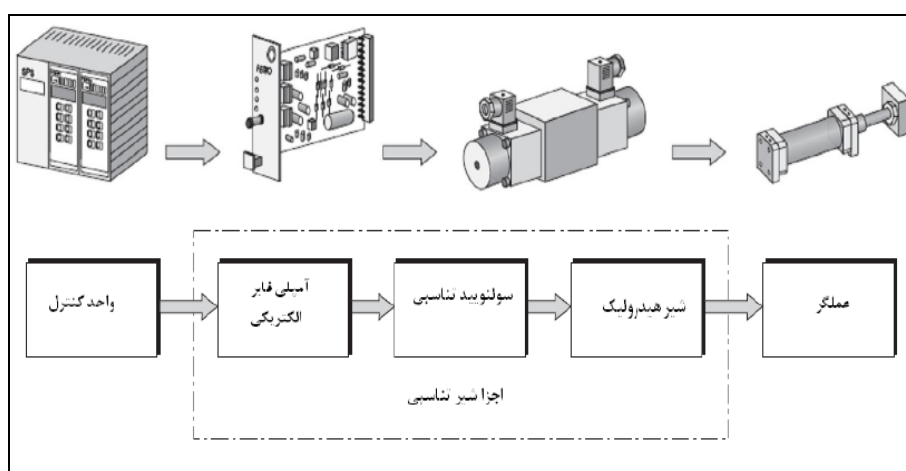


شکل ۵-۱. شکل واقعی یک شیر الکتروهیدرولیک

### ۱-۱-۲. اجزا یک سیستم هیدرولیکی تناسبی

شکل ۶-۱ اجزا سیستم هیدرولیک تناسبی و چگونگی ایجاد سیگنال را نشان می‌دهد. این کار به صورت زیر انجام می‌گیرد:

یک ولتاژ الکتریکی که معمولاً بین  $+10$  تا  $-10$  ولت می‌باشد، توسط واحد کنترل به آمپلی فایر ارسال می‌شود. آمپلی فایر ولتاژ (سیگنال ورودی) را به جریان (سیگنال خروجی) تبدیل می‌کند. جریان تولید شده در خروجی روی سولنوئید<sup>۱</sup> تناسبی عمل می‌کند. سولنوئید تناسبی متناسب با جریان عبوری، اسپول شیر هیدرولیکی را به حرکت در می‌آورد. با تغییر وضعیت شیر هیدرولیکی، مسیر دهانه پمپ شیر به یک سمت سیلندر باز و باعث حرکت پیستون می‌شود. همزمان روغن سمت دیگر پیستون تخلیه می‌شود.



شکل ۱-۶. اجزا شیر کنترل تناسبی

### ۱-۳. مزایای سیستم هیدرولیکی تناسبی

مزایای شیرهای تناسبی در مقایسه با شیرهای ساده به طور خلاصه در جدول ۱-۱ آورده شده است.

### ۱-۲. نحوه عملکرد شیرهای تناسبی

وظیفه شیرهای تناسبی تبدیل یک سیگنال الکتریکی ورودی آنالوگ، به یک سیگنال هیدرولیکی خروجی تناسبی با فشار  $P$  و دبی  $Q$  می‌باشد. این شیرها دارای قسمت کنترل الکتریکی، سولنوئید یا بوبین و شیر هیدرولیک هستند. در این بخش دو قسمت سولنوئید و شیر هیدرولیکی بررسی می‌شوند.

<sup>۱</sup> - Solenoid

جدول ۱-۱. مزایای شیرهای تناسبی

قابلیت تنظیم شیرها	- تنظیم جریان و فشار از طریق سیگنال الکتریکی - تنظیم اتوماتیک جریان و فشار در حین انجام کار
تأثیر روی سیستم هیدرولیک	- قابلیت کار در حالت اتوماتیک - دقت و صحت بسیار بالای کنترل نیرو و گشتاور، سرعت، مکان، حرکت رفت و برگشت یا زاویه دورانی
تأثیر روی مصرف انرژی	- مصرف انرژی به واسطه کنترل صحیح فشار و جریان از طریق شیر تناسبی می‌تواند کاهش یابد.
سادگی مدار	- یک شیر تناسبی می‌تواند جانشین چندین شیر شود مثلاً می‌تواند کنترل مسیر و کنترل جریان را هم زمان انجام دهد.
زمان تطبیق با حالت مورد نظر	شیرهای تناسبی تک مرحله‌ای: بدون حسگر مکان ۷۰ ms دارای حسگر مکان ۵۰ ms شیرهای تناسبی پیلوتی: بدون حسگر مکان ۱۰۰ ms دارای حسگر مکان ۸۰ ms
پسماند مغناطیسی <sup>۱</sup>	شیرهای تناسبی: بدون حسگر مکان ۰.۵٪ دارای حسگر مکان ۰.۱٪

### ۱-۲-۱. سولنوئید تناسبی

در شیرهای الکتروهیدرولیکی نقش اساسی را سولنوئیدها بر عهده دارند. سولنوئید دارای یک سیم پیچ و یک هسته آهنی داخل سیم پیچ است. هنگامی که به سیم پیچ جریان برق داده شود، میدان مغناطیس ایجاد شده و هسته را به سمت خود می‌کشد. پس از قطع جریان برق، هسته با نیروی فنر دوباره به جای اصلی خود باز می‌گردد. با تغییر جریان عبوری سولنوئید سیگنال هیدرولیکی خروجی، به صورت پیوسته تغییر می‌کند.

در این شیرها می‌توان از یک یا دو سولنوئید استفاده نمود. بعد از برقراری جریان و عبور آن از سیم‌پیچ، یک میدان مغناطیسی به وجود می‌آید. این میدان مغناطیسی گسترش یافته و نیرویی در جهت مناسب به وجود می‌آورد. از این نیرو برای عملکرد شیر استفاده می‌شود. هسته، بدنه و محفظه از موادی ساخته شده‌اند که به آسانی مغناطیس می‌شوند. هسته با تغییر

<sup>۱</sup> - Hysteresis

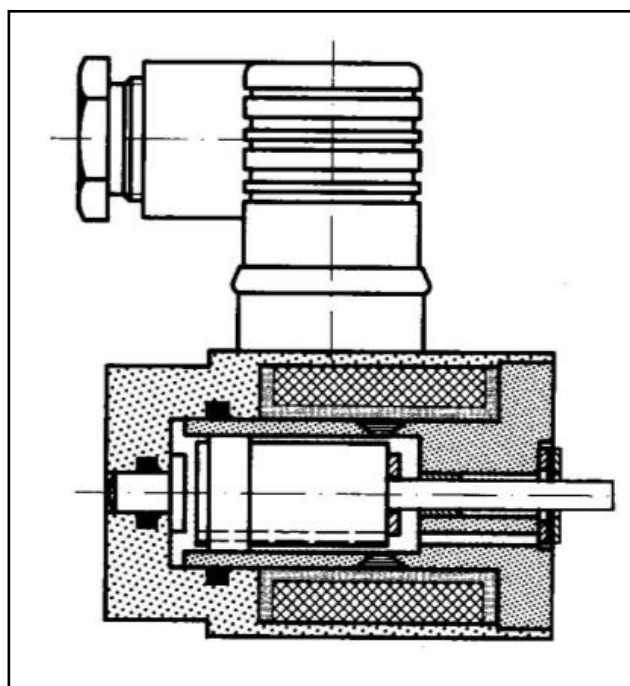


مکان خود اسپول شیر هیدرولیک را نیز حرکت می‌دهد. با طراحی مناسب قسمت مغناطیسی و هسته کنترلی می‌توان به شرایط زیر دست یافت.

الف. افزایش نیرو متناسب با افزایش جریان باشد. یعنی دو برابر شدن جریان باعث دو برابر شدن نیروی هسته شود.

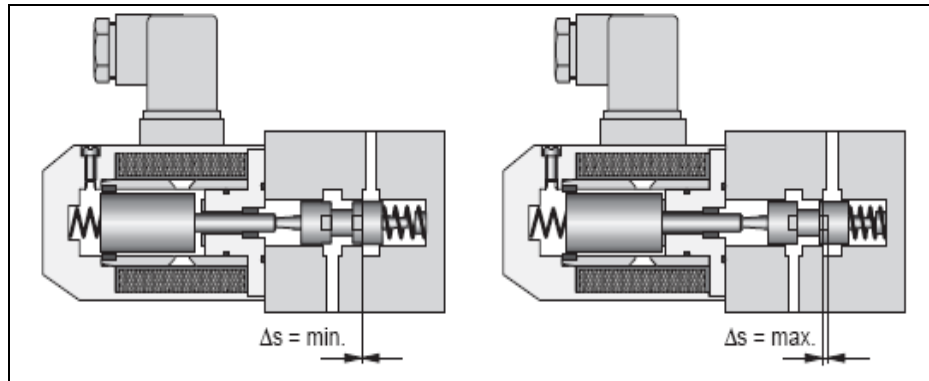
ب. نیرو تابع موقعیت مکانی هسته نباشد.

شکل ۷-۱ شماتیک یک سولنوئید تناسبی را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱. سولنوئید تناسبی

در یک شیر تناسبی، نیروی سولنوئید تناسبی مخالف نیروی فنر که نیروی مرجع را به وجود می‌آورد، عمل می‌کند. این مطلب در شکل ۸-۱ نشان داده شده است. با حرکت هسته به سمت راست و فشرده شدن فنر، فنر نیروی بیشتری اعمال می‌کند. مطابق با جریان ورودی می‌توان دو حالت حدی زیر و تمام حالت‌های بین آنها را ایجاد کرد:



شکل ۸-۱. سولنوئید تناسبی. سمت چپ سولنوئید غیر فعال بوده حداقل مقدار باز بودن شیر را داریم. سمت راست سولنوئید بیشترین جریان الکتریکی ممکن را دریافت کرده، حداکثر مقدار باز بودن شیر را داریم.

الف. جریان الکتریکی کمترین مقدار را داشته باشد. در نتیجه هسته نیز کمترین مقدار نیرو را دارا می‌باشد. بنابراین فنر نیز تقریباً آزاد است و مقدار باز بودن دهانه شیر حداقل می‌باشد. این مطلب در قسمت سمت چپ شکل ۸-۱ نشان داده شده است.

ب. جریان الکتریکی بیشترین مقدار را داشته باشد. در نتیجه هسته نیز بیشترین مقدار نیرو را دارا می‌باشد. به این ترتیب هسته به سمت راست حرکت کرده و فنر را فشرده می‌کند. در این حالت حداکثر باز بودن دهانه شیر مشاهده می‌شود. این مطلب در قسمت سمت راست شکل ۸-۱ نشان داده شده است.

### ۲-۲-۱. سولنوئیدهای تناسبی دارای کنترل کننده موقعیت خطی<sup>۱</sup>

یک نمونه دیگر از سولنوئیدهای تناسبی، سولنوئید تناسبی مجهز به کنترل کننده موقعیت می‌باشد. در این سولنوئیدها ویژگی‌های صحت<sup>۲</sup>، آستانه پاسخ‌گویی<sup>۳</sup>، محدوده برگشت<sup>۴</sup> و پسماند مغناطیسی به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافته است. این ویژگی‌ها در قسمت ۱، ۳، ۲. توضیح داده شده است. امروزه این سولنوئیدها در صنعت کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند. این سولنوئیدها قدرت تشخیص موقعیت بالایی دارند و عملکرد آنها مستقل از دما می‌باشد. سیستم‌های اندازه‌گیری موقعیت عملکرد خوبی دارند که دو نوع از آنها را به صورت مختصر

<sup>۱</sup> - Linear Variable Differential Transformer (LVDT)

<sup>۲</sup> - Accuracy

<sup>۳</sup> - Response Threshold

<sup>۴</sup> - Inversion Range