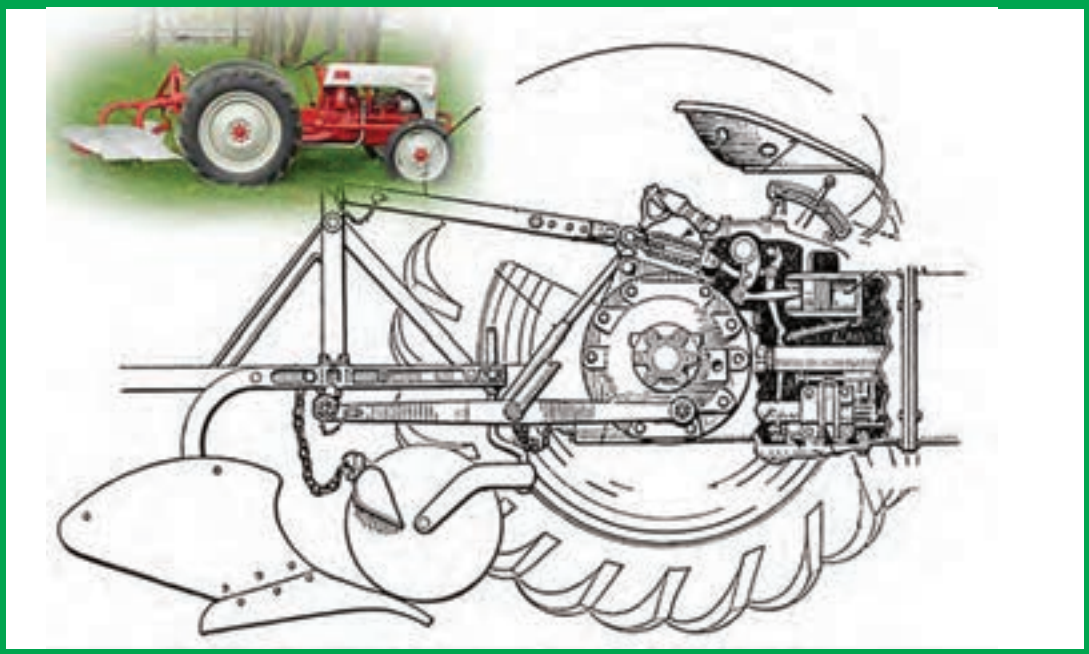
پودمان ۲

تحلیل سیستم‌های هیدرولیکی



امروزه هیدرولیک نقش به‌سزایی در تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی دارد. کلمه «هیدرو» از یک واژهٔ یونانی به معنای «آب» و «لیک» به معنی لوله گرفته شده است و کلمه هیدرولیک به معنی آب در لوله می‌باشد. بشر از ابتدا و از ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح اهمیّت هیدرولیک را درک کرده بود. به‌طور مثال آنها می‌دانستند سقوط آب آبشار از ارتفاع زیاد، انرژی همراه خود دارد. به همین دلیل آنها از یک چرخ آبی جهت تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی مکانیکی استفاده کردند.

با پیشرفت علم و احداث شبکه‌های لوله کشی، جهت انتقال آب تحت فشار از یک مکان به مکان دیگر نیاز به پمپ بود که راه‌اندازی آنها به انرژی زیادی نیاز داشت. طی این مرحله برخی وسایل کمکی و جانبی مانند شیرهای کنترل، آب بندها[۱]، انباره‌ها و غیره اختراع شد. امروزه، علم هیدرولیک به عنوان بازوی محرک صنعت در نظر گرفته می‌شود.

۱- Sealing

واحد یادگیری ۱

تحلیل قوانین حاکم بر سیستم‌های هیدرولیکی

کاربردهای سیستم هیدرولیک

یکی از نیازهای تمام ماشین ها، کنترل و انتقال نیرو و حرکت می باشد. برای این منظور عمدتاً از روش‌های مکانیکی استفاده می‌شود. در سیستم‌های مکانیکی برای انتقال و کنترل نیرو و حرکت از اجزایی مانند بادامک، چرخ دنده، گاردان، اهرم، کلاچ و ... استفاده می‌کنند.

مایعات تقریباً تراکم ناپذیر هستند. این ویژگی سبب شده است که از مایعات به عنوان وسیله مناسبی برای تبدیل و انتقال نیرو و حرکت استفاده شود.

امروزه در بسیاری از فرآیندهای صنعتی، انتقال قدرت آن هم به صورت کم هزینه و با دقت زیاد مورد نظر است در همین راستا بکارگیری مایع تحت فشار در انتقال و کنترل قدرت در تمام شاخه‌های صنعت رو به گسترش است. هیدرولیک صنعتی مبحثی است که به روش‌های کاربردی استفاده از مایعات محبوس تحت فشار می‌پردازد.

در سیستم های هیدرولیک نسبت به سیستم‌های مکانیکی قطعات محرک کمتری وجود دارد و می‌توان در هر نقطه به حرکت‌های خطی یا دورانی با قدرت بالا و کنترل مناسب دست یافت.

سیستم هیدرولیک به سبب افزایش زیادی که در هنگام نیروی انتقالی می‌تواند ایجاد کند، در تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فعالیت کلاسی

در تصاویر زیر برخی از کاربردهای سیستم هیدرولیک در ماشین‌های کشاورزی نمایش داده شده است. جدول را تکمیل نمایید.

ردیف	کاربرد	تصویر	هدف از استفاده
۱	تیغه پشت تراکتوری		تغییر زاویه تیغه
۲	بیل تراکتوری		.....
۳	گاو آهن دوطرفه		.....
۴	پی نورد		.....

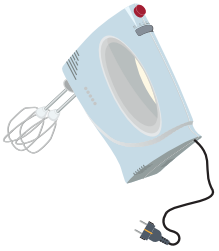
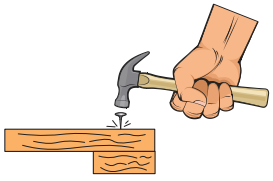
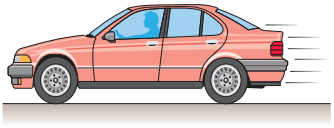
مفاهیم پایه‌ای علم هیدرولیک

در بخش قبل درمورد تاریخچهٔ علم هیدرولیک و کاربردهای گسترده آن بحث شد. در این بخش به مفاهیم پایه و قوانین حاکم بر سامانه‌های هیدرولیکی پرداخته خواهد شد و با انجام آزمایش‌هایی به‌صورت عمیق‌تر، با مفاهیم اشاره شده و کاربرد آنها بیشتر آشنا خواهید شد.

قانون بقای انرژی (پایستگی انرژی): برای انجام هر عملی نیاز به انرژی می‌باشد. طبق قانون بقای انرژی، انرژی نه خود به خود به‌وجود می‌آید و نه خود به خود از بین می‌رود بلکه از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌شود.

فکر کنید

باتوجه به تصاویر زیر، مشخص نمایید چه نوع تبدیل انرژی صورت گرفته است.

کاربرد	نوع تبدیل انرژی	کاربرد	نوع تبدیل انرژی
			
			

جریان[1]: در یک سیستم هیدرولیک، عاملی که موجب به گردش درآمدن و یا به‌حرکت درآمدن عضو عملگر[2] می‌گردد، جریان روغن است. در واقع عاملی که سبب انتقال نیرو می‌شود، جریان روغن می‌باشد. در سیستم هیدرولیک جریان روغن توسط پمپ تولید می‌شود، که در ادامه به معرفی پمپ‌ها خواهیم پرداخت.

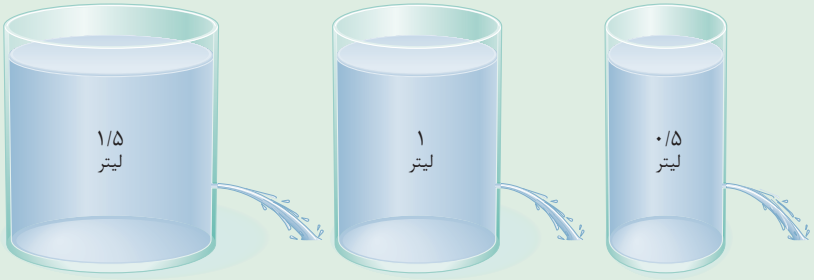
سرعت جریان سیال در سیستم هیدرولیک مهم می‌باشد. این مفهوم به دو صورت جریان حجمی (دبی) و جریان جرمی بیان می‌شود.

۱- Flow
۲- Actuator

پروژه

اندازه‌گیری دبی

تجهیزات موردنیاز: سه ظرف با حجم‌های ۰/۵، ۱و ۱/۵ لیتر، کرنومتر، قیچی.



شکل ۱

۱- سه ظرف با حجم‌های مختلف ۰/۵، ۱ و ۱/۵ لیتر تهیه کنید و سوراخی در انتهای آنها مطابق شکل ۱ ایجاد کنید (ارتفاع سطح سیال در سه ظرف یکسان باشد).

۲- ابتدا ظرف‌ها را پر از آب نموده و زمان خالی‌شدن کامل ظرف‌ها را اندازه‌گیری و در جدول زیر وارد نمایید.

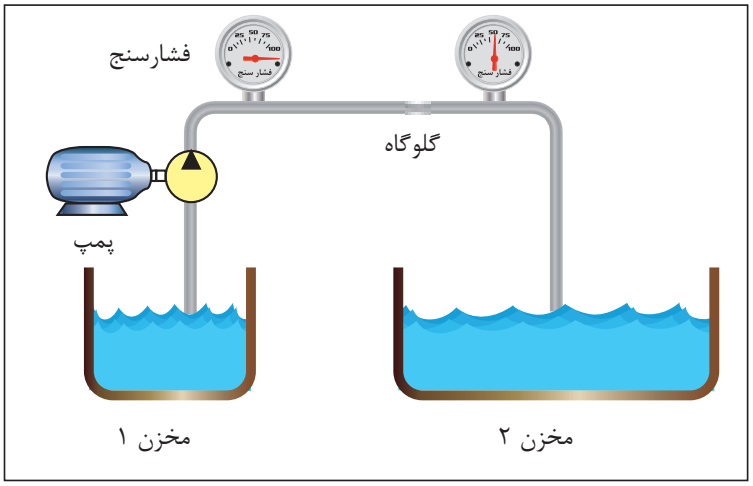
حجم (لیتر)	زمان(ثانیه)	دبی (لیتر/ثانیه)
۱/۵	.....	.....
۱	.....	.....
۰/۵	.....	.....

۳- دبی‌های به‌دست آمده را با یکدیگر مقایسه کنید.

۴- آزمایش فوق را برای سه ظرف با حجم یکسان و با قطر سوراخ های متفاوت انجام دهید. در هر سه ظرف به مقدار مساوی آب ریخته و زمان تخلیه کامل ظرف را محاسبه نمایید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

فشار: فشار به همراه جریان یکی از پارامترهای کلیدی برای مطالعه علم هیدرولیک به شمار می‌رود. فشار به نیروی وارد بر واحد سطح اطلاق می‌گردد که در یک سیستم هیدرولیکی از مقاومتی که در مسیر جریان قرار دارد، به‌وجود می‌آید.

در شکل۲، هدف انتقال سیال داخل مخزن ۱ به سمت مخزن ۲ با استفاده از پمپ می‌باشد. در میانهٔ مسیر، با تغییر سطح مقطع لوله (گلوگاه)، مقاومتی در مقابل جریان سیال ایجاد شده است. اختلاف فشار ایجاد شده در دو سمت گلوگاه، با فشارسنج نشان داده شده است.



شکل۲ـ تأثیر تغییر سطح مقطع بر فشار مدار هیدرولیک

فکر کنید

عوامل مختلفی در افزایش یا کاهش فشار، موثر می‌باشد. در شکل فوق یکی از عوامل افزایش فشار بیان گردید. به‌جز تغییر سطح مقطع، چه عوامل دیگری باعث ایجاد اختلاف فشار می‌شود؟

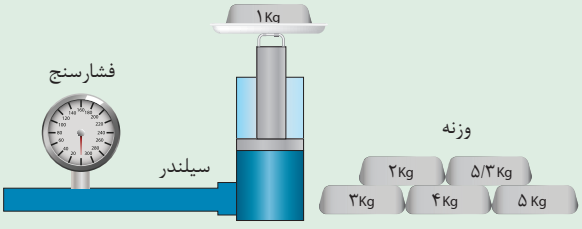
پروژه

اندازه‌گیری فشار

تجهیزات موردنیاز: سیلندر هیدرولیکی با قطر پیستون ۴۰ میلی‌متر همراه با سیال، فشارسنج، وزنه.

همانند شکل ۳، وزنه‌های مختلف را بر روی سیلندر قرار دهید و فشار وارد شده به سیال را از طریق فشارسنج یادداشت و در جدول زیر وارد کنید.

وزنه (گرم)	سطح مقطع پیستون (میلی متر مربع)	مقدارفشار (پاسکال)



شکل ۳

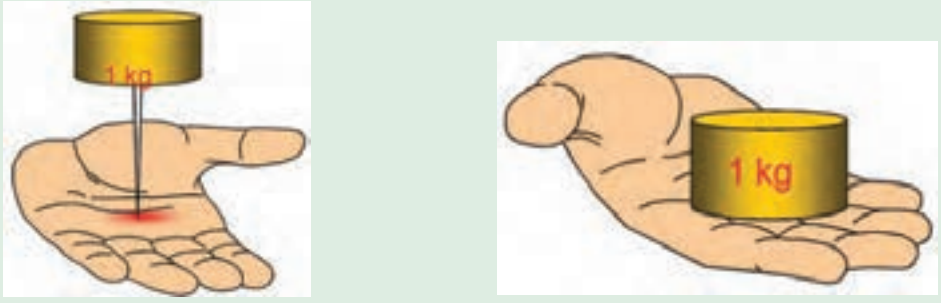
به‌نظر شما چه رابطه‌ای بین جرم وزنه‌ها، سطح مقطع پیستون و مقداری که فشارسنج نشان می‌دهد، وجود دارد؟

برداشت

باتوجه به دو تصویر شکل ۴، فشار اعمال شده با استفاده از وزنه یک کیلوگرمی، چه تفاوتی دارد؟

.....

.....



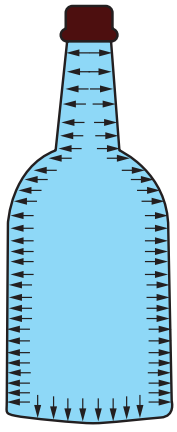
شکل ۴

در قدیم گروهی از افراد جهت سرگرمی مردم و نشان‌دادن خود به‌عنوان افرادی با قدرت ویژه، دست به کارهایی عجیب و غریب مانند خوابیدن بر روی تخت‌های میخی می‌زدند که در نظر مردم آن زمان کاری بسیار عجیب بود. حال با توجه به برداشت خود از فشار، به‌نظر شما آن افراد دارای قدرتی ویژه بودند یا نه؟ چرا؟

شکل ۵

قانون پاسکال

یک قانون پایه‌ای در هیدرواستاتیک (علم بررسی مایع متعادل و بدون حرکت) است که بیان می‌کند تغییر فشار در هر نقطه از سیال تراکم‌ناپذیر به همه نقاط و دیوارهٔ مخزن به‌طور یکسان منتقل می‌شود. به بیان دیگر، در حالت تعادل یک سیال، فشار وارد بر سیال، بدون کاهش به تمام نقاط دیگر سیال انتقال پیدا می‌کند.



شکل ۶ـ فشار هیدرواستاتیک در داخل یک بطری

کارگروهی

بررسی قانون پاسکال

یک شیلنگ به طول نیم متر را برداشته و مطابق شکل۷ در ابتدا و انتهای آن دو فشارسنج قرار دهید. یک سمت آن را مسدود نمایید و از سمت دیگر آن آب وارد شیلنگ نمایید. سپس با استفاده از یک سرنگ، فشاری درون شیلنگ اعمال نمایید و اعدادی را که توسط فشارسنج نمایش داده می‌شود، ثبت کنید. با مقایسه اعداد چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

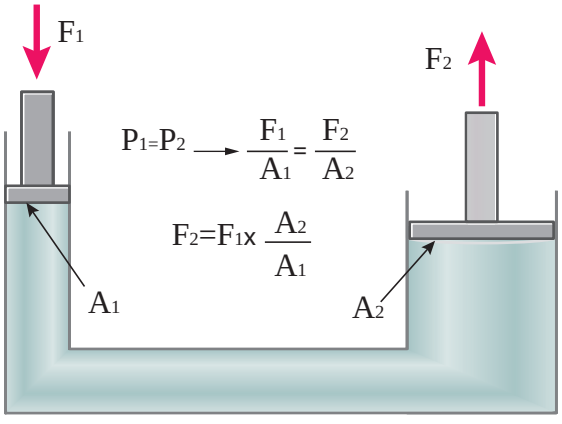
شکل ۷

کارگروهی

دو بطری پلاستیکی تهیه کنید. مطابق شکل۸، یکی از آنها به‌طور کامل پر از آب نمایید و در دیگری کمی هوا موجود باشد. درب آنها را محکم ببندید. حال با استفاده از بطری‌ها، به میخی ضربه بزنید. در کدام حالت میخ درون چوب فرو می‌رود؟ نتایج خود را ثبت نمایید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

شکل ۸

کاربرد قانون پاسکال: اگر یک سیستم هیدرولیک بسته U شکل در اختیار داشته باشیم سپس بر سطح پیستون کوچک‌تر نیرویی مانند F_1 وارد کنیم، در درون سیال داخل سیستم فشاری معادل P_1 پدید می‌آید. حال طبق قانون پاسکال این فشار در تمام نقاط سیستم به یک اندازه انتقال پیدا می‌کند. لذا به پیستون بزرگ‌تر فشاری معادل P_2 وارد می‌شود که با فشار اولیه برابر است. حال با بزرگ‌ترشدن سطح پیستون دوم نیروی حاصل نیز به همان نسبت بزرگ می‌گردد (شکل۹)



شکل ۹ــ کاربرد قانون پاسکال

کارگروهی

اصل تشدید نیرو

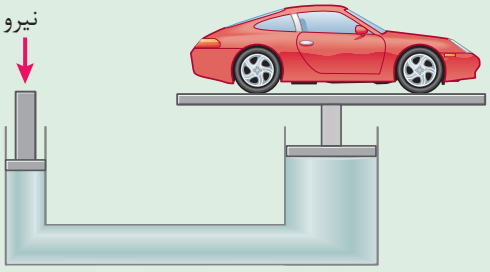
تجهیزات موردنیاز: شیلنگ سیلیکونی، دو عدد سرنگ با حجم‌های متفاوت

همان‌طور که قبلاً نشان داده شد اعمال فشار در یک سیال به‌طور مساوی در کل سیال انتقال می‌یابد. مطابق شکل ۱۰ به یک سر شیلنگ، سرنگ کوچک را متصل کنید. داخل شیلنگ را پر از آب کنید.

شکل ۱۰ــ آزمایش اصل تشدید نیرو

سپس سرنگ دیگر را به سر دیگر شیلنگ وصل کنید. یک بار سرنگ کوچک و بار دیگر سرنگ بزرگ را فشار دهید. در کدام حالت نیروی کمتری اعمال می‌گردد؟ مشاهدات خود را بیان نمایید.

باتوجه به نتایجی که از آزمایش بالا گرفتید، طرز کار جک هیدرولیکی را بیان کنید(شکل ۱۱).



شکل۱۱ــ شماتیک جک هیدرولیک

اجزای سیستم هیدرولیک

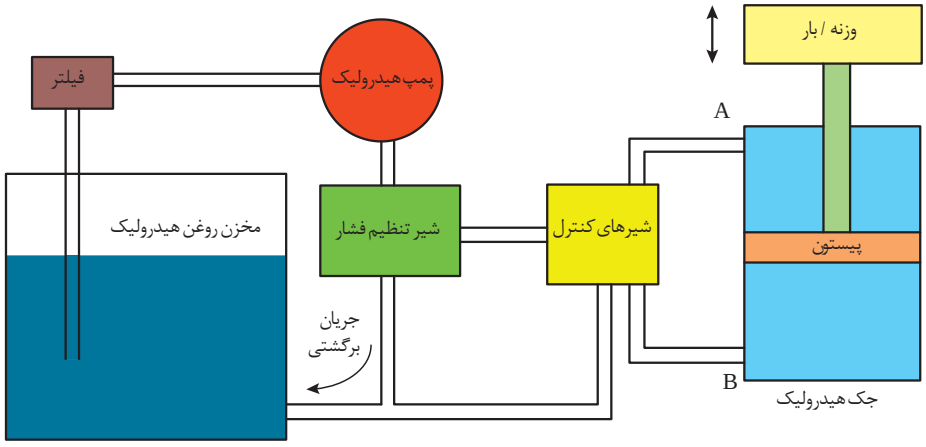
هیدرولیک فناوری تولید، کنترل و انتقال قدرت توسط سیال تحت فشار است. به‌طور کلی سیستم هیدرولیک چهار کار اساسی انجام می‌دهد:

۱ــ تبدیل انرژی مکانیکی به قدرت سیال تحت فشار به وسیله پمپ‌ها

۲ــ انتقال سیال تا نقاط موردنظر توسط لوله و شیلنگ‌ها

۳ــ کنترل فشار، جهت و جریان سیال توسط شیرها

۴ــ انجام کار توسط عملگرها



شکل ۱۲ــ شماتیک ساده از یک سیستم هیدرولیک

پمپ‌های هیدرولیک

جهت تولید نیروی لازم برای عملگرها می‌بایست از پمپ استفاده کرد. هدف از کاربرد پمپ در یک سیستم هیدرولیک ایجاد جریان است. پمپ در واقع قلب یک سیستم هیدرولیکی است که انرژی مکانیکی را به انرژی هیدرولیکی تبدیل می‌کند.

انواع پمپ‌ها

به‌طور کلی پمپ‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم‌بندی نمود:

۱ـ پمپ‌های جابه‌جایی غیرمثبت (جریان پیوسته)

۲ـ پمپ‌های جابه‌جایی مثبت (جریان گسسته)

پمپ های جابجایی مثبت

در این گونه از پمپ‌ها به‌ازای هر دور چرخش محور پمپ مقدار مشخصی از سیال به سیستم هیدرولیک ارسال می‌گردد. به عبارت دیگر جریان تولیدی به حجم جابجایی پمپ و سرعت دوران آن بستگی دارد.

پمپ های جابجایی غیر مثبت

در این گونه پمپ‌ها جریان تولیدی متناسب با سرعت دوران روتور می‌باشد. از این پمپ‌ها برای انتقال سیال از یک محل به محل دیگر استفاده می‌شود. مانند پمپاژ آب در ساختمان و در هیدرولیک از این نوع پمپ‌ها استفاده نمی‌شود.

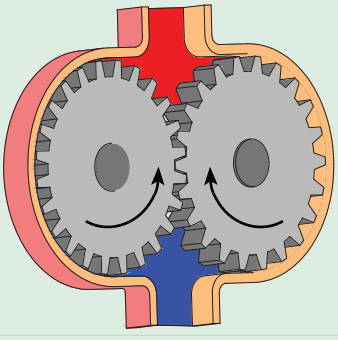
فیلم

پمپ‌های جابه‌جایی غیرمثبت

کاربرد	منازل، زمین‌های کشاورزی، .....، ....و .....
مزایا	هزینه پایین تعمیر، عمر زیاد، .....، ..... و.....
معایب	فشارکاری پایین، جریان غیریکنواخت، ..... و .....

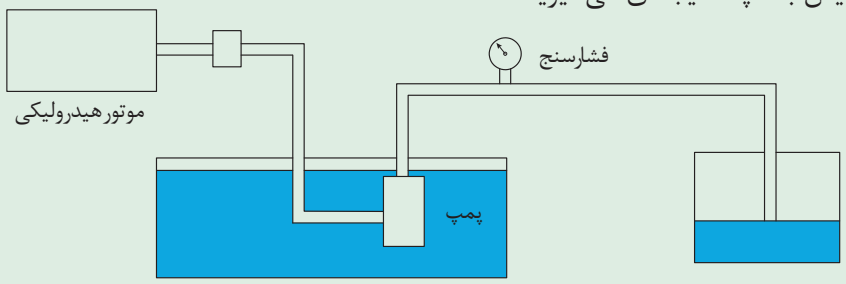
پمپ‌های جابه‌جایی مثبت

کاربرد	صنعت خودرو، تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی، ..... و .....
مزایا	فشار کاری بالا، جریان یکنواخت، .....و .....
معایب	هزینه بالا، نصب پیچیده‌تر، ..... و .....



کارگروهی

۱- مطابق شکل ۱۳، پمپی را درون یک مخزن آب قرار دهید و آب را به مخزن دیگر پمپاژ کنید. فشار روی فشارسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟
۲- در مسیر انتقال آب، مقاومتی ایجاد کنید و این بار نیز فشار نشان داده شده بر روی فشارسنج را یادداشت کنید.
۳- از دو آزمایش بالا چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



شکل ۱۳

توجه کنید

پمپ‌ها ایجاد فشار نمی‌کنند بلکه فقط تولید جریان می‌نمایند. در واقع در یک سیستم هیدرولیک، فشار بیانگر میزان مقاومت در مقابل خروجی پمپ است.

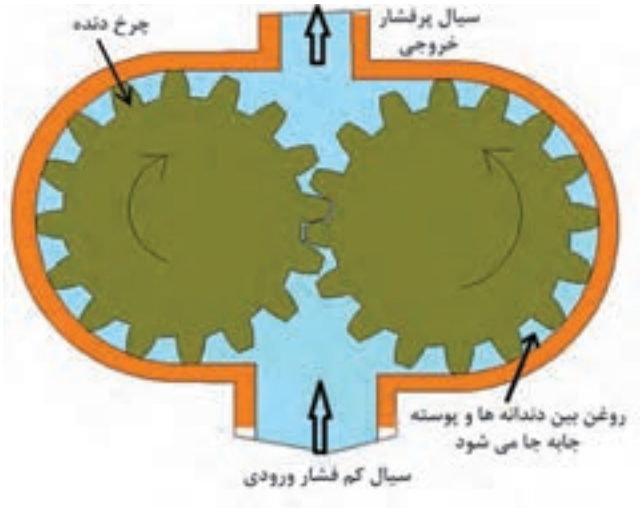
دسته‌بندی پمپ‌های جابه‌جایی مثبت

پمپ‌های جابه‌جایی مثبت را می‌توان بر مبنای نحوه حرکت اجزاء داخلی آنها طبقه‌بندی کرد. حرکت قطعات داخلی ممکن است به صورت دورانی یا رفت و برگشتی باشد.

اگرچه تنوع این پمپ‌ها بسیار زیاد است اما می‌توان همه آنها را در سه نوع زیر طبقه‌بندی کرد:
الف- پمپ‌های دنده‌ای (جابه‌جایی ثابت)
ب- پمپ‌های تیغه‌ای (پره‌ای)
پ- پمپ‌های پیستونی (با جابه‌جایی متغیر یا ثابت)

الف- پمپ‌های دنده‌ای: این نوع پمپ‌ها به دلیل طراحی ساده، ابعاد کوچک و فشرده و قیمت ارزان، در سیستم‌های هیدرولیک دارای مصرف عام می‌باشند. پمپ‌های دنده‌ای را می‌توان به انواع زیر تقسیم‌بندی نمود:
۱- دنده خارجی؛
۲- دنده داخلی؛
۳- گوشواره‌ای؛
۴- ژیروتوری.

۱ـ پمپ‌های دنده خارجی: یک پمپ دنده خارجی شامل دو چرخ‌دنده خارجی هم‌اندازه است که با هم درگیرند و در پوسته پمپ قرار گرفته‌اند. هر چرخ‌دنده بر روی یک شفت قرار گرفته است که شفت توسط یاتاقان‌ها حمایت می‌شود. در پمپ‌های دنده خارجی دوران یکی از چرخ‌دنده‌ها به وسیله سیستم محرک تأمین گشته و دیگری به واسطه آن چرخ‌دنده به حرکت در می‌آید. چرخ‌دنده‌ای که برروی شفت محرک سوار می‌شود چرخ‌دنده محرک سیستم نامیده می‌شود. بین دندانه‌ها و پوسته فضایی جهت قرارگرفتن روغن ایجاد می‌شود (شکل۱۴).



شکل ۱۴ـ پمپ دنده خارجی

فیلم

پمپ‌های دنده خارجی

شماتیک پمپ دنده خارجی در شکل‌های زیر آورده شده است. نحوهٔ کارکرد پمپ را با توجه به شکل‌های هر مرحله یادداشت کنید.

۱-	۲-	۳- .....

شکل ۱۵ــ پمپ دنده داخلی

۲ــ پمپ‌های دنده داخلی: پمپ‌های دنده داخلی نمونه دیگری از پمپ‌های دنده‌ای می‌باشد. ساختار داخلی و عملکرد یک پمپ دنده داخلی در شکل ۱۵ نشان داده شده است. در این شکل همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، یک چرخ‌دنده داخلی، یک چرخ‌دنده خارجی، یک قطعه هلالی شکل (آب بند) و یک پوسته خارجی می‌باشد. نیرو به چرخدنده خارجی منتقل و سبب دوران پمپ می‌شود.

توجه کنید

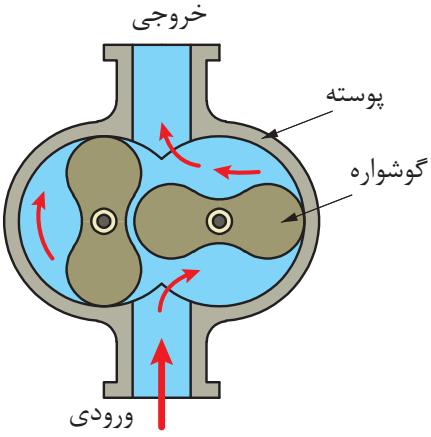
برای جلوگیری از بازگشت روغن و جداشدن قسمت مکش از قسمت فشار، قطعه هلالی شکل در حدفاصل دو چرخ‌دنده قرار گرفته است.

فیلم

پمپ‌های دنده داخلی

فکر کنید

نحوهٔ عملکرد پمپ‌های دنده داخلی و خارجی را با هم مقایسه کنید.



شکل ۱۶ــ پمپ گوشواره‌ای دو دندانه‌ای

۳ــ پمپ گوشواره‌ای: این نوع پمپ نمونه دیگری از پمپ‌های دنده‌ای به‌شمار می‌رود. عملکرد این پمپ کاملاً مشابه با پمپ چرخ‌دنده خارجی می‌باشد اما برخلاف پمپ‌های چرخ‌دنده خارجی در این نوع پمپ‌ها به جای چرخ‌دنده‌ها روتورهایی جایگزین شده که شامل دو یا سه دندانه می‌باشند (شکل ۱۶).

فیلم

پمپ‌های گوشواره‌ای

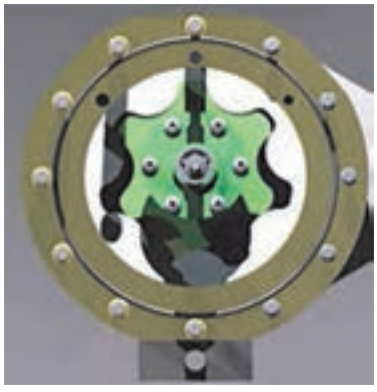
شکل زیر عملکرد این پمپ‌ها را نشان می‌دهد. نحوهٔ کارکرد پمپ را با توجه به شکل‌های هر مرحله یادداشت کنید.

۱-	۲-	۳- .....

گفت‌وگوکنید

به‌نظر شما خروجی پمپ دنده خارجی یکنواخت‌تر است یا خروجی پمپ گوشواره‌ای؟ در مورد آن در کلاس گفت‌وگو کنید.

۴- پمپ‌های ژیروتوری: این دسته از پمپ‌ها یکی از متداول‌ترین انواع پمپ‌های چرخ‌دنده‌ای هستند که عملکرد آنها کاملاً شبیه به پمپ چرخ‌دنده داخلی است. با این تفاوت که در این پمپ‌ها نیاز به آب‌بند ثابت هلالی شکل نیست و تماس نوک گوشواره‌های روتور داخلی با جداره روتور خارجی، آب‌بندی مورد لزوم بین دو محفظه ورودی و خروجی را فراهم می‌آورد.



شکل ۱۷ــ پمپ ژیروتوری

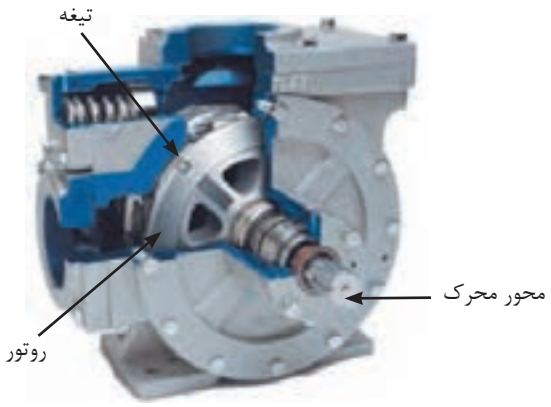
فیلم

پمپ‌های ژیروتوری

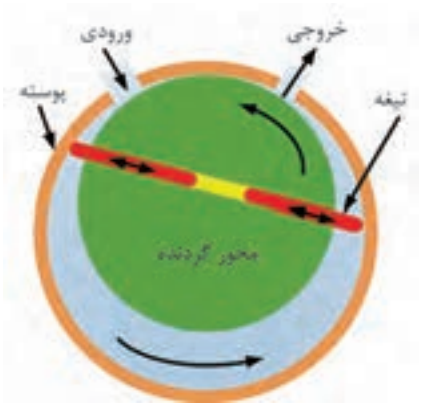
فکر کنید

باتوجه به شکل ۱۷ نحوهٔ کار پمپ‌های ژیروتوری چگونه است؟

ب ـ پمپ‌های تیغه‌ای: شکل ۱۸ بخش‌های مختلف یک پمپ تیغه‌ای دبی ثابت را نشان می‌دهد. روتور که شامل شیارهای شعاعی می‌باشد، به شفت یا محور محرک متصل می‌باشد و داخل رینگ بادامکی می‌چرخد. هر شیار روی روتور حاوی یک تیغه است. تیغه‌ها به نحوی طراحی شده‌اند که هنگام چرخش روتور بر روی سطح رینگ مماس می‌شوند. در این پمپ‌ها جهت آب‌بندی بیشتر تیغه‌ها با پوسته پمپ از یک فنر یا یک بار هیدرولیکی در شیاری که تیغه‌ها قرار دارند استفاده می‌شود. در این نوع پمپ‌ها عمل پمپاژ با چرخش تیغه‌ها انجام می‌شود. مکانیزم پمپاژ در یک پمپ پره‌ای اساساً شامل یک روتور، تیغه‌ها، حلقه و صفحه شیاردار و دو مجرای ورودی و خروجی سیال می‌باشد (شکل۱۹).



شکل۱۸ـ اجزای پمپ تیغه‌ای



شکل ۱۹ـ شماتیک ساده از طرز کار پمپ تیغه‌ای

فیلم

پمپ‌های تیغه‌ای

گفت‌وگوکنید

تفاوت پمپ‌های تیغه‌ای در مقایسه با پمپ‌های دنده‌ای در چیست؟

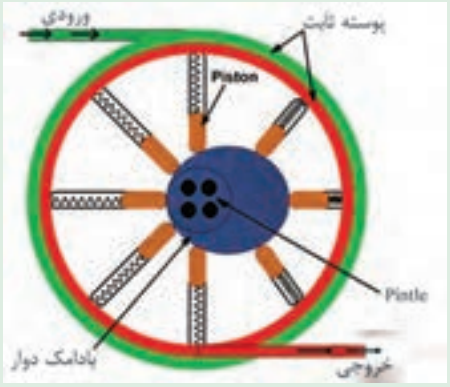
پ ـ پمپ‌های پیستونی: پمپ‌های پیستونی جزء پمپ‌های پرفشار هستند که دارای بازده بالایی می‌باشند. اساس کار پمپ‌های پیستونی براساس حرکت رفت‌وبرگشت پیستون در داخل سیلندر می‌باشد که عمل دهش و مکش سیال را در هر حرکت رفت‌وبرگشت انجام می‌دهد. به عبارت دیگر پمپ، حرکت دورانی شفت ورودی را به حرکت رفت‌وبرگشتی پیستون تبدیل می‌کند. مساله اصلی در طراحی این پمپ‌ها، این است که با چه مکانیزمی می‌توان پیستون‌های رفت‌وبرگشتی را تحت کنترل درآورد. یکی از طرح‌های موردنظر، استفاده از پمپ‌های پیستونی با چیدمان محوری(Axial) می‌باشد که در آن پیستون‌ها موازی محور بلوک سیلندر قرار می‌گیرند. پمپ‌های محوری در دو شکل محور خمیده و محور مستقیم همراه با صفحه زاویه‌گیر (Swash Plate) ساخته می‌شوند. طرح دوم برای قرارگیری پیستون‌ها شکل شعاعی (Radial) است که در آن چیدمان سیلندرها در بلوک مربوطه به صورت شعاعی می‌باشد.

فیلم

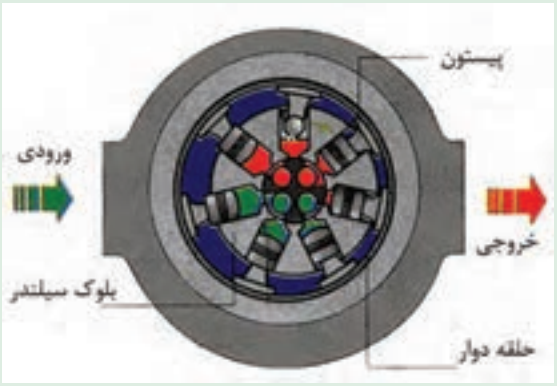
پمپ‌های پیستونی

یادداشت کنید

با توجه به مطالب گفته شده و شکل‌های ۲۰ و ۲۱، نحوهٔ عملکرد پمپ پیستونی شعاعی را شرح دهید.



شکل ۲۰



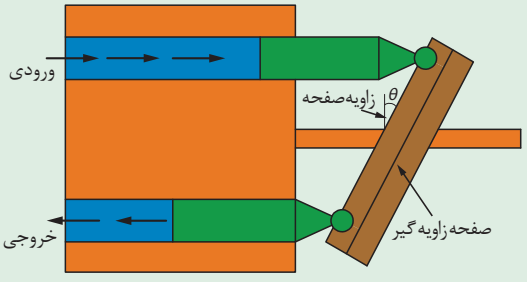
شکل ۲۱

.....

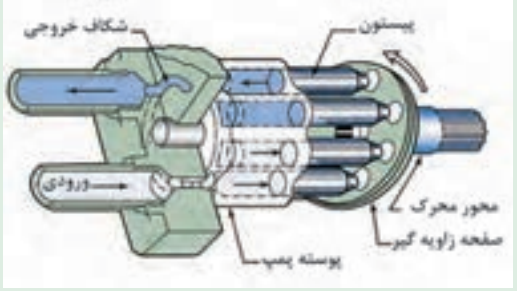
.....

یادداشت کنید

با توجه به مطالب گفته شده و شکل‌های ۲۲ و ۲۳، نحوهٔ عملکرد پمپ پیستونی محوری مستقیم را شرح دهید.



شکل ۲۲



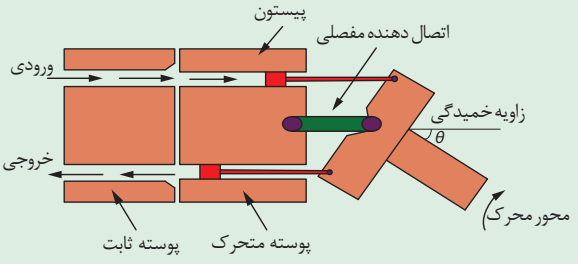
شکل ۲۳

.....

.....

یادداشت کنید

با توجه به مطالب گفته شده و شکل‌های ۲۴ و ۲۵، نحوهٔ عملکرد پمپ پیستونی محور خمیده را شرح دهید.



شکل ۲۴

شکل ۲۵

.....

.....

عملگرهای هیدرولیکی

از جمله کاربردهای سیستم هیدرولیک جابه‌جاکردن اجسام و اعمال نیرو به جسم می‌باشد. قطعاتی که این فعالیت‌ها را انجام می‌دهند، محرک یا عملگر نامیده می‌شوند.

عملگرها دارای حرکت دورانی یا خطی هستند و به همین ترتیب آنها را به دو دسته تقسیم می‌کنند:

۱ـ عملگرهای دورانی

۲ـ عملگرهای خطی (حرکت رفت و برگشتی)

عملگرهای دورانی هیدروموتورها هستند و عملگرهای خطی سیلندرها می‌باشند که در ادامه در مورد آنها صحبت خواهیم کرد.

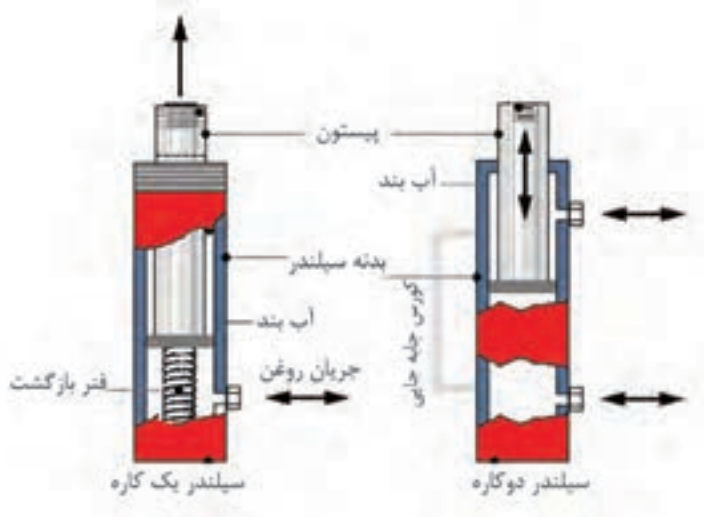
سیلندرهای هیدرولیکی

سیلندرها همان محرک‌های خطی هستند که دارای حرکت مستقیم و با طول کورس مشخص می‌باشند و وظیفه آنها تبدیل نیروی هیدرولیکی به نیروی مکانیکی خطی است. یک سیکل از عملکرد سیلندرهای هیدرولیکی شامل بازشدن و بسته‌شدن می‌باشد.

سیلندرهای هیدرولیکی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد(شکل۲۶):

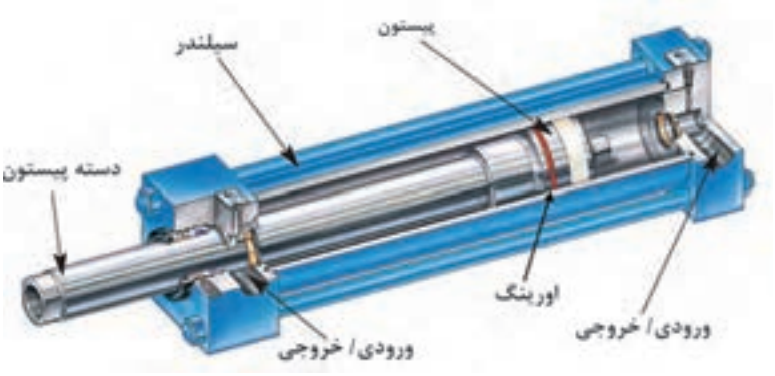
۱ـ سیلندرهای یک‌کاره (یک طرفه): سیلندرهای یک‌کاره در یک طرف تحت فشار فنر یا تحت تأثیر نیروی وزن قرار دارند درحالی که طرف مقابل آنها به مخزن سیال و پمپ هیدرولیک مرتبط می‌باشد. این نوع سیلندرها فقط در یک جهت نیرو اعمال می‌کنند و با برداشتن فشار سیال از آن خود به خود به عقب برمی‌گردد، حرکت برگشت آنها معمولاً توسط یک فنر داخلی و یا در اثر نیروی وزنه می‌باشد. نمونه‌ای از این سیلندرها را می‌توان در اتصال سه نقطه تراکتور و یا در پی نوردهای هیدرولیکی مشاهده نمود.

۲ـ سیلندرهای دوکاره: سیلندرهای دوکاره بیشترین کاربرد را در سیستم های هیدرولیکی دارند. در این نوع سیلندرها فشار از هر دو طرف سبب اعمال نیرو می‌شود. در سیستم فرمان تراکتورها از این نوع سیلندر استفاده می‌شود.



شکل ۲۶ـ سیلندرهای هیدرولیکی

در ساختمان سیلندرهای هیدرولیکی به‌منظور جلوگیری از فرار روغن تحت فشار و آب‌بندی فضای بین پیستون و سیلندر از اورینگ، فیبر استخوانی یا پکینگ استفاده می‌شود (شکل۲۷).



شکل۲۷ـ اجزای یک سیلندر دوکاره

هیدروموتورها: هیدروموتورها به‌عنوان عملگرهای دورانی طبقه‌بندی می‌شوند. هیدروموتورها برای انتقال نیروی سیال به صورت حرکت دورانی به‌کار می‌رود. ساختار هیدروموتورها شباهت زیادی به پمپ‌ها دارد با این تفاوت که نقش پمپ‌ها، تبدیل نیروی مکانیکی به جابه‌جایی سیال می‌باشد درصورتی که هیدروموتورها با دریافت سیال هیدرولیکی، نیروی مکانیکی اعمال می‌کنند. اساساً متناسب با هر نوع پمپ هیدرولیک یک هیدروموتور نیز وجود دارد.

یادداشت‌کنید

نمونه‌هایی از کاربرد هیدروموتورها در ماشین‌های کشاورزی در تصاویر صفحه بعد نشان داده شده است. کاربرد هر هیدروموتور را در زیر آن یادداشت کنید.

کاربرد:	کاربرد: .....
کاربرد:	کاربرد: .....

شیرهای هیدرولیکی

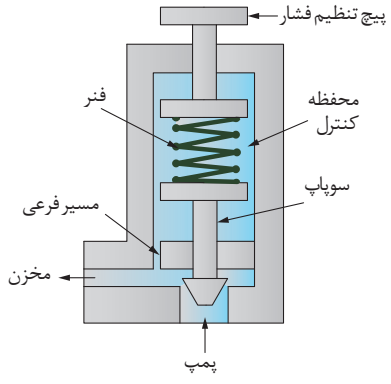
یکی از مهم‌ترین قسمت‌ها در سامانه‌های هیدرولیکی، بخش کنترل می‌باشد. در تمام سامانه‌های هیدرولیکی انتخاب قطعات کنترلی بسیار ضروری می‌باشد.

جریان سیال به کمک وسایل کنترلی با نام شیرها کنترل می‌شود. در واقع شیرهای هیدرولیک ارتباط بین سیال هیدرولیک و فرمان های کنترل و دیگر قسمت‌های یک سامانه هیدرولیکی را برقرار می‌کند. شیرهای هیدرولیکی دارای انواع مختلفی هستند:

شیرهای کنترل فشار

شیرهای کنترل فشار وسیله‌ای در سیستم‌های هیدرولیک می‌باشند که توسط آنها می‌توان فشار سیستم را تعیین، محدود و یا کاهش داد و به‌طور کلی فشار سیستم تحت تأثیر آنها قرار می‌گیرد. این نوع شیرها سیستم را در برابر تغییرات ناگهانی فشار حفاظت می‌کند.

متداول‌ترین نوع شیرهای کنترل فشار که کاربرد زیادی دارند، شیر محدودکننده فشار یا شیر اطمینان فشار (Relief Valve) است. از این شیر جهت محافظت از پمپ و اجزای سیستم در مقابل افزایش فشار استفاده می‌شود. همچنین حداکثر قدرت سیلندر و هیدروموتور توسط این شیر محدود می‌گردد. این شیرها در حالت عادی بسته بوده و به هنگام رسیدن فشار به مقدار معین، جریان اضافی را از پمپ به مخزن بازگردانده و سطح فشار را در حد تنظیمی نگه‌می‌دارند. این شیرها دارای یک دهانه که به مسیر خروجی پمپ وصل است و یک دهانه تخلیه که به مخزن وصل است می‌باشند.



شکل ۲۸ـ شیر اطمینان

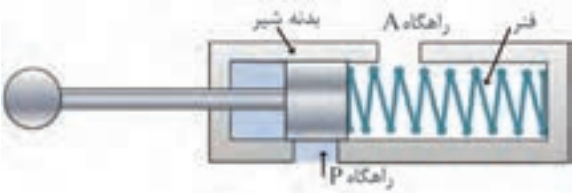
گفت‌وگو کنید

شماتیک یک شیر محدودکننده فشار(شیر اطمینان) در شکل ۲۸ نشان داده شده است. در مورد نحوهٔ کارکرد آن در کلاس گفت‌وگو نمایید.

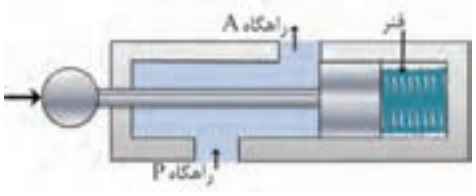
پرسش کلاسی

جهت کنترل فشار در آب‌گرم‌کن از شیرهای اطمینان فشار استفاده می‌کنند. نحوهٔ عملکرد این شیر را توضیح دهید.

شیرهای کنترل جهت (مقسم): در سیستم‌های هیدرولیک شیرهای کنترل جریان وظیفه تغییر مسیر یا باز و بسته‌نمودن مسیر جریان را برعهده دارند. این شیرها به‌منظور کنترل جهت حرکت مصرف‌کننده‌ها و همچنین توقف آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل‌های ۲۹ و ۳۰).

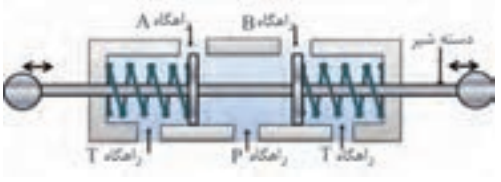


الف ـ شیر در حالت بسته

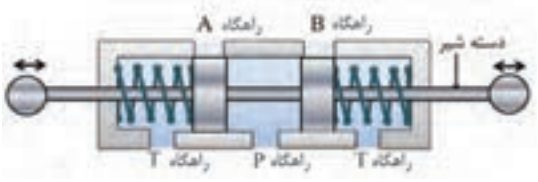


ب ـ شیر در حالت باز

شکل۲۹ـ عملکرد شیر کنترل جهت



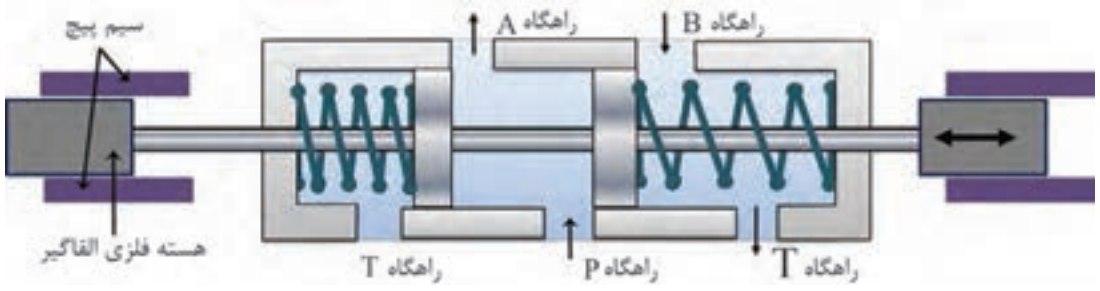
الف ـ مسیر راهگاه P به A و B به T باز است.



ب ـ راهگاه‌ها مسدود شده است

شکل ۳۰ـ مقسم چهارراهه

شیرهای کنترل جهت جریان ممکن است به‌صورت دستی یا الکترونیکی کنترل شوند. شماتیک یک شیر الکترونیکی در شکل ۳۱ نشان داده شده است. بازکردن و بستن مسیر در این شیرها براثر خاصیت مغناطیسی ایجاد شده در هسته سیم پیچ صورت می‌گیرد. از مزایای این شیرها می‌توان به زمان کمتر موردنیاز برای کنترل جهت جریان اشاره نمود.



شکل۳۱ـ مقسم الکترونیکی

شیرهای یک‌طرفه که تنها از یک جهت اجازه عبور سیال را می‌دهند نیز از شیرهای کنترل جهت جریان محسوب می‌شوند.

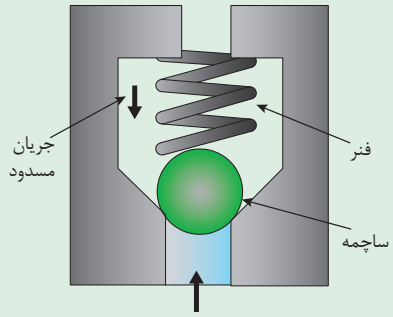
یادداشت کنید

شماتیک یک شیر یک‌طرفه در شکل ۳۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل طرز کار این شیر را بیان کنید.

.....

.....

.....



شکل ۳۲ـ شیر یک طرفه

شیر کنترل جریان: شیرهای کنترل جریان برای کاهش سرعت سیلندر یا هیدروموتور در سیستم هیدرولیک به‌کار می‌روند. از آنجا که سرعت خطی سیلندر یا سرعت دورانی هیدروموتور تابع نرخ جریان است برای کاهش سرعت باید نرخ جریان را کاهش داد.

کنترل حساسیت در تراکتورها یک شیر کنترل جریان است. به کمک این شیر سطح مقطع مسیر سیال عبوری کم یا زیاد می‌شود و در نتیجه نرخ جریان عبوری تغییر می‌نماید.

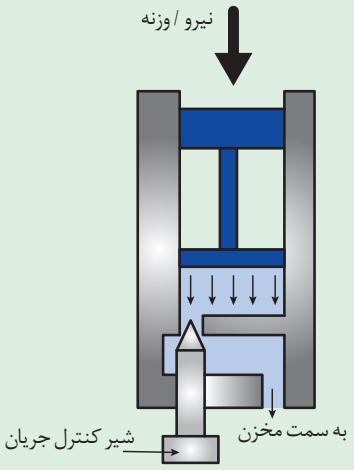
یادداشت کنید

شکل ۳۳، شماتیک یک شیر کنترل جریان را نشان می‌دهد. بازکردن و بستن شیر چه تأثیری بر سرعت پایین‌آمدن پیستون خواهد گذاشت؟

.....

.....

.....



شکل ۳۳ـ شماتیک شیر کنترل جریان

روغن هیدرولیک

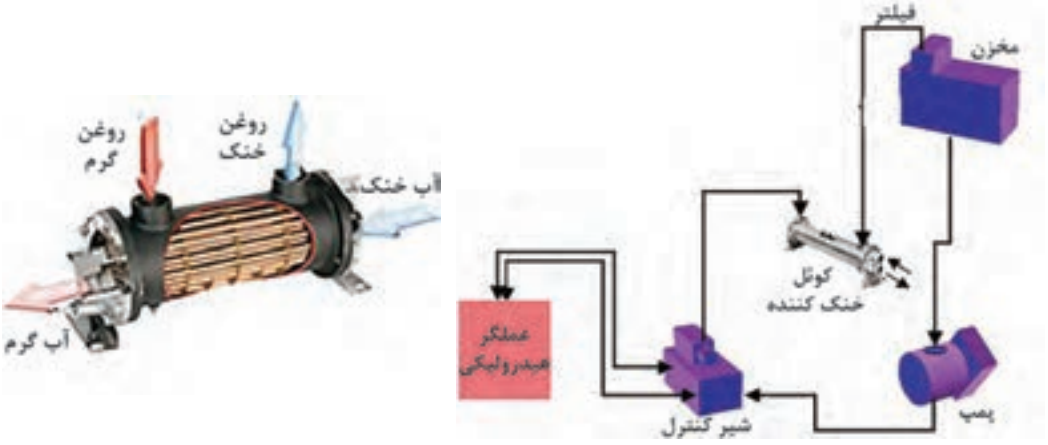
روغنی که پمپ می‌تواند به‌صورت مستقل، منتقل نماید باید دارای درجهٔ چسبندگی یا ویسکوزیته مشخصی باشد. ویسکوزیته بالا سبب کاهش لغزش پمپ (برگشت جریان) می‌شود که در نتیجه بازده حجمی بهبود می‌یابد ولی در مقابل باعث افزایش بار اصطکاکی و کاهش میزان مکش می‌شود.

معمولاً مقدار ویسکوزیته مجاز توسط سازنده پمپ مشخص می‌گردد و باید از آن تبعیت شود.

گفت‌وگوکنید

همان‌طور که می‌دانید فرسودگی قطعات داخلی پمپ یا سیلندر هیدرولیک، سبب برگشت جریان (نشتی) می‌شود. در این شرایط برخی تعمیرکاران توصیه می‌کنند از روغن غلیظ‌تر استفاده شود. آیا این عمل تأثیری بر برگشت روغن خواهد داشت؟ در صورت مثبت‌بودن جواب، بحث کنید آیا این راه‌حل، اصولی است؟

دمای کاری روغن: برای آنکه پمپ به صورت مؤثر بتواند دبی موردنیاز را تأمین کند، دمای روغن در حال انتقال باید در محدودهٔ مشخصی قرار داشته باشد. این محدوده برای روغن‌های معدنی بین ۲۰ـ تا ۷۰+ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مهم‌ترین دلیل کنترل دما این است که دمای زیاد باعث آزادشدن حباب‌های هوا یا بخار گردیده و در نتیجه پدیدهٔ کاویتاسیون در پمپ رخ می‌دهد. درصورتی که دمای حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد برای روغن ثابت بماند، ویسکوزیته روغن در محدوده بهینه قرار می‌گیرد و امکان آزادشدن حباب‌های بخار روغن و هوا کاهش می‌یابد. به همین جهت سیستم‌های هیدرولیکی که در معرض حرارت بالا هستند به خنک‌کن روغن مجهز هستند (شکل ۳۴).



شکل ۳۴ـ خنک‌کن روغن هیدرولیک

فیلتراسیون: حداکثر ابعاد ذرات خارجی که اجازه ورود به پمپ را دارند معمولاً کوچک‌تر از ۲۵ میکرون هستند و ذرات با ابعاد بزرگ‌تر از آن را باید توسط فیلتر مناسب جمع‌آوری نمود و مانع ورود آنها به پمپ شد. کثیف بودن فیلترها یکی از عواملی است که می‌تواند منجر به پدیده کاویتاسیون شود.

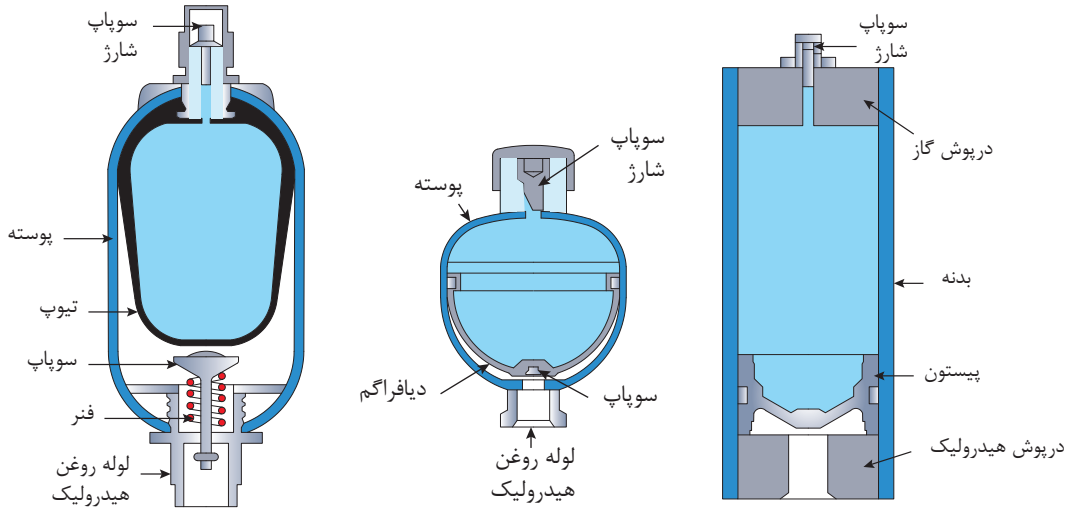
متعلقات سیستم هیدرولیک

متعلقات سیستم هیدرولیک، لوازمی هستند که از آنها جهت انجام فعالیت‌های خاصی در سیستم استفاده می‌شود. مهم‌ترین این لوازم عبارتند از:

آکومولاتورها (Accumulator): می‌دانیم برخلاف گازها، روغن‌های هیدرولیک را نمی‌توان متراکم و انبار نمود، تا در زمان لازم از آنها استفاده کرد؛ ولذا برای رفع این نیاز از آکومولاتور بهره‌برداری می‌نمایند.

آکومولاتورها، درواقع انباره‌هایی هستند که قادرند روغن را تحت‌فشار خود ذخیره نمایند، تا بعداً در هنگام ضرورت مورد بهره‌برداری قرار گیرد (شکل ۳۵).

اساساً در مدارهای هیدرولیک، روغن، تحت فشار پمپ وارد آکومولاتور می‌شود تا در مرحله اول، گازی (فنر یا وزنه) را متراکم کند و بعداً در مرحله بعد؛ هنگامی‌که افت فشار در دهانه ورودی آکومولاتور پدید آید.
روغنی که در مخزن آکومولاتور ذخیره شده است، در اثر نیروی فنر یا هوای تحت فشار، به بیرون آکومولاتور رانده شده و کاهش فشار جبران گردد.
آکومولاتور به عنوان یک ضربه‌گیر در پمپ‌های پیستونی هم به کار می‌رود تا ضربه‌های پی در پی پمپ را تعدیل کند و جریان نسبتاً یکنواخت و بدون تپش را تحویل دهد. این کاربرد در پمپ پیستونی سم‌پاش‌های موتوری مرسوم است.



تیوپی **دیافراگمی** **پیستونی**

شکل ۳۵ـ انواع آکومولاتور

پژوهش کنید

کاربرد آکومولاتور در سیستم تعلیق اتومبیل زانتیا و هد کمباین ۱۰۵۵ به ترتیب در تصاویر ۳۶ و ۳۷ نشان داده شده است. درمورد کارکرد آنها تحقیق کرده و در کلاس ارائه دهید.

شکل ۳۶ـ آکومولاتور سیستم تعلق اتومبیل زانتیا

شکل ۳۷ـ آکومولاتور سیستم تعلیق هد کمباین جاندیر ۱۰۵۵

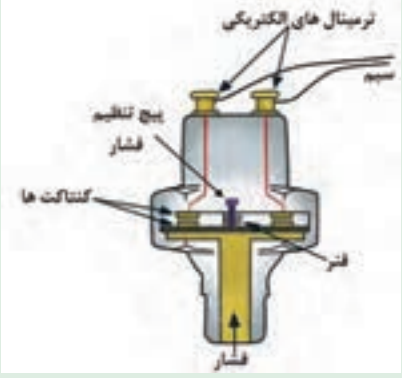
سوئیچ‌های فشار (Pressure Switches)

شکل ۳۸، نمونه‌ای از سوئیچ‌های فشار را نمایش می‌دهد، این سوئیچ‌ها در یک فشار معین از روغن تحریک می‌شوند و یک مدار فرمان الکتریکی را قطع و یا وصل می‌نمایند. این سوئیچ‌ها اکثراً قابل تنظیم بوده و می‌توان هم فشار مطلوب و هم دامنه قطع و وصل را برای سوئیچ تعیین نمود.

شکل ۳۸ـ سوئیچ فشاری

گفت‌وگوکنید

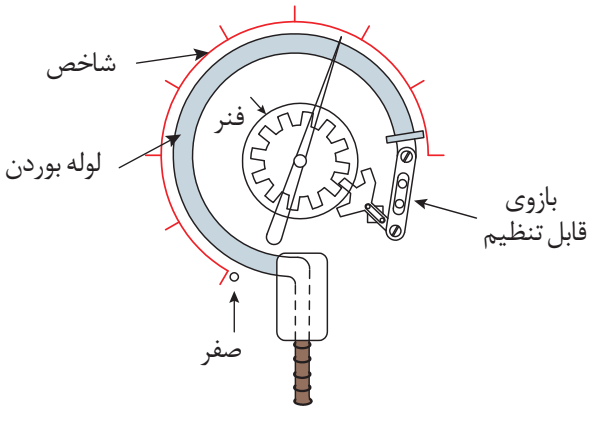
شماتیک یک سوئیچ فشاری در شکل ۳۹ نشان داده شده است. دربارهٔ نحوهٔ کار آن در کلاس گفت‌وگو کنید.



شکل ۳۹ـ سوئیچ فشار (فشنگی روغن)

فشارسنج یا مانومتر (Pressure Gauge): اساساً، برای تنظیم شیرهای کنترل فشار و همین‌طور برای تعیین نیرویی که توسط یک جک و یا گشتاوری که توسط یک موتور هیدرولیکی، اعمال می‌شود، نیاز به فشارسنج می‌باشد.

تمام فشارسنج‌ها دارای صفحه‌ای می‌باشند که با بر اساس واحدهای Bar (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)، psi[1] یا KPa مدرج شده‌اند. ضرایب تبدیل این واحدها در کتاب همراه آمده است.



شکل ۴۰ـ فشارسنج بوردون

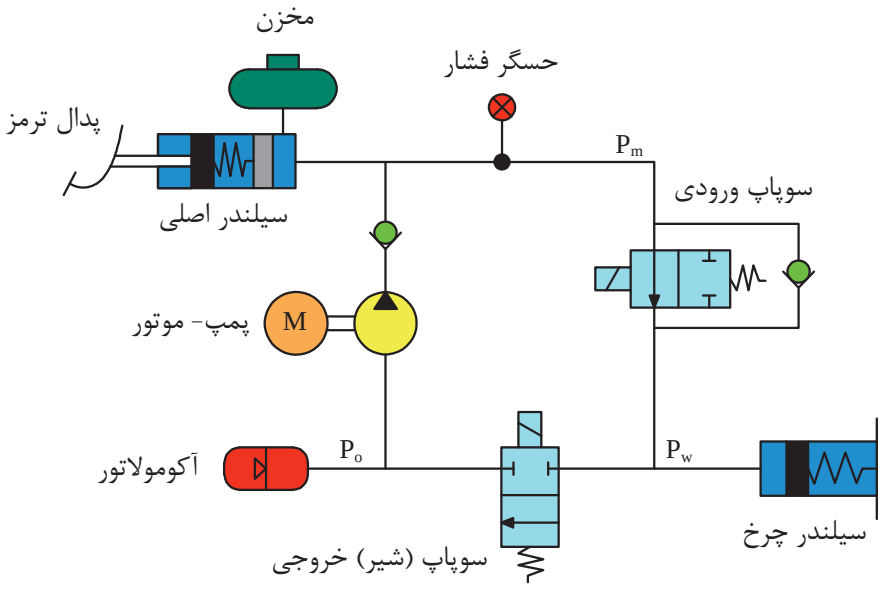
۱- Pound per square inch

دبی سنج‌ها (Flow meters): دبی‌سنج‌ها، ابزاری بسیار مناسب جهت تعیین راندمان حجمی پمپ‌ها و همین‌طور تعیین وجود نشت در مسیرهای گوناگون هستند. اساساً دبی‌سنج‌ها را به ندرت برروی سیستم هیدرولیک، به‌طور دائم نصب می‌نمایند.

شکل ۴۱ـ دبی سنج هیدرولیک

نمادهای هیدرولیک

نمادهای گرافیکی ساده و علائم مختلفی جهت نمایش قطعات هیدرولیک در یک مدار مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر نماد نشانگر یک قطعه خاص و عملکرد آن می‌باشد، ولی حاوی اطلاعاتی درمورد طرح داخلی آن نیست. در نمادهای مختلف هیدرولیک استفاده از فلش مورب کاملاً متداول می‌باشد. این فلش نشانگر قابلیت تنظیم آن قطعه می‌باشد. نمادهای معرفی شده براساس استاندارد DIN ISO ۱۲۱۹ می‌باشد (شکل۴۲).



شکل۴۲ـ نمایش یک نمونه مدار هیدرولیکی ترمز با استفاده از نمادها

توجه کنید

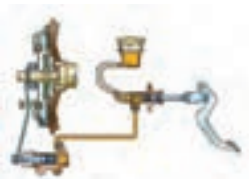
نمادهای هیدرولیکی رایج در کتاب همراه هنرجو آورده شده است.

واحد یادگیری ۲

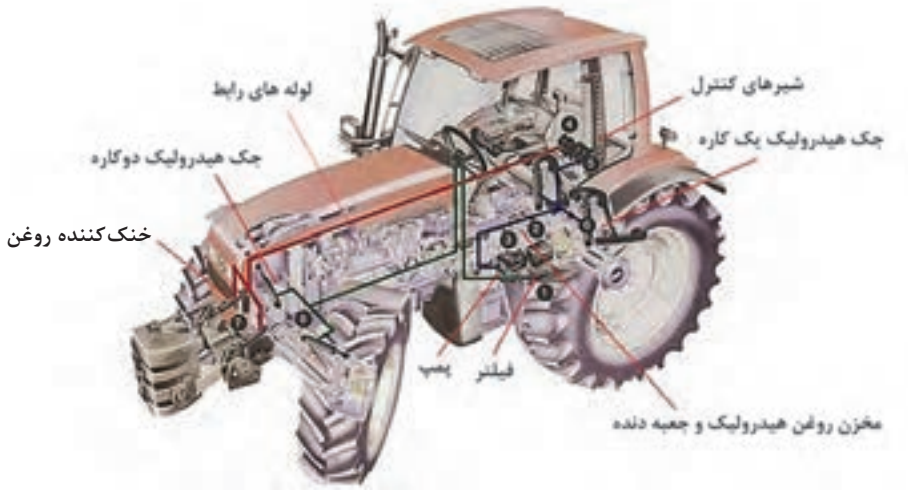
کاربرد هیدرولیک در تراکتورها

سیستم هیدرولیک تراکتور

تراکتورهای اولیه فاقد سیستم هیدرولیک بودند، فقط ادوات را می‌کشیدند و قادر به بلندکردن آنها نبودند. ولی تراکتورهای امروزی به این سیستم مجهزند. بعضی از موارد کاربرد سیستم هیدرولیک عبارتند از:

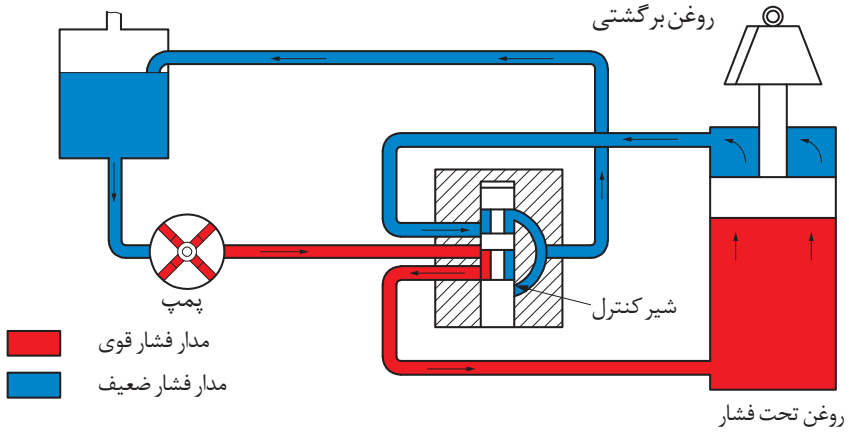
			
۱ـ استفاده در سیستم فرمان تراکتور برای فرمان‌گیری بهتر تراکتور	۲ـ بلندکردن ادوات متصل به اتصال سه نقطه تراکتور	۳ـ درگیرکردن هیدرولیکی کلاچ، قفل دیفرانسیل و محور تواندهی	۴ـ کنترل ادوات با استفاده از خروجی هیدرولیک

قسمت‌های تشکیل‌دهنده سیستم هیدرولیک تراکتورها عبارت‌اند از: سیلندر هیدرولیک، پمپ هیدرولیک، فیلتر روغن هیدرولیک، مخزن روغن هیدرولیک، لوله‌های رابط، مقسم، دسته‌های کنترل، سوپاپ‌های فشارشکن، بازوهای اتصال سیستم هیدرولیک، خروجی یدکی هیدرولیکی(شکل۴۳).



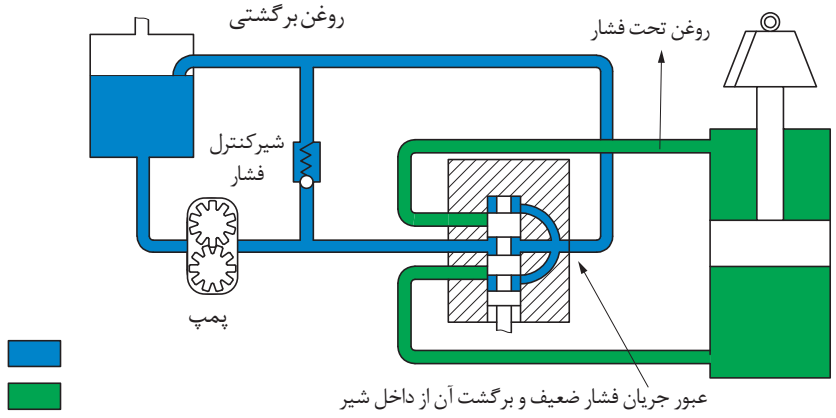
شکل۴۳ـ اجزای سیستم هیدرولیک یک نمونه تراکتور

انواع سیستم هیدرولیک تراکتورها از نظر نوع مدار: سیستم‌های هیدرولیک ممکن است مرکز باز یا مرکز بسته باشند. سیستم‌های هیدرولیکی مرکز بسته در تراکتورهای جاندیر به‌کار گرفته شده است. در این سیستم، محور ورودی پمپ دائماً درحال چرخش می‌باشد اما هنگامی که شیرهای هیدرولیک در حالت خلاص قرار دارند، از آنجا که فشار در طرف خروجی پمپ بالا است، عملاً ارسالی صورت نمی‌گیرد و اصطلاحاً پمپ درحال خلاص گردش می‌کنند. از مزایای این سیستم‌ها این است که همیشه فشار بالا در مدار وجود دارد و اصطلاحاً همیشه آماده به کار هستند، اما باتوجه به فشار بالایی که همیشه در مدار وجود دارد استهلاک قطعات آنها نیز بالا است. در این سیستم‌ها عموماً از پمپ‌های پیستونی شعاعی استفاده می‌شود (شکل۴۴).



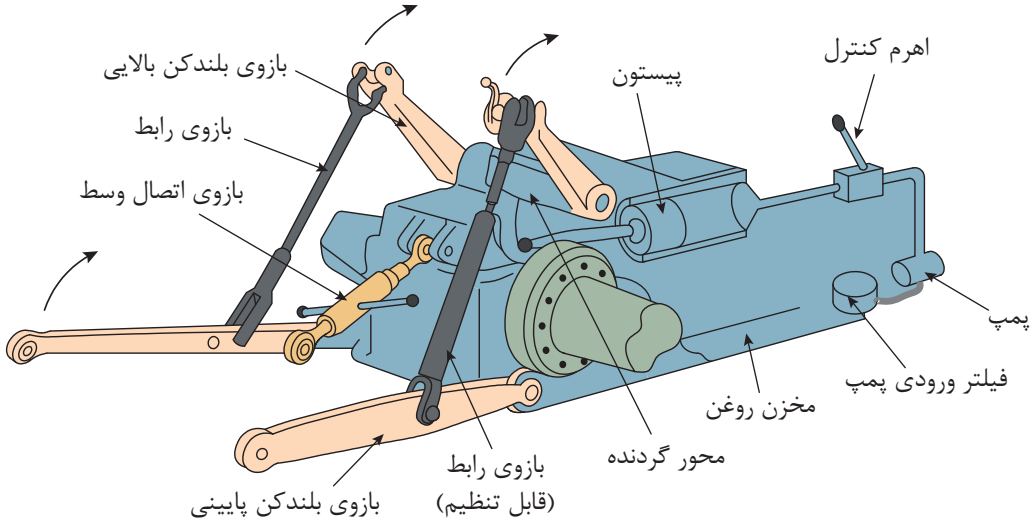
شکل ۴۴ــ سیستم هیدرولیک مرکز بسته

در سیستم‌های هیدرولیک مدار باز که در تراکتورهای رومانی و فرگوسن به‌کار گرفته شده است، پمپ دائماً در حال پمپاژ می‌باشد. هنگامی که شیرهای هیدرولیک در حالت خلاص قرار دارند، روغن پمپاژ شده از یک مسیر فرعی که توسط شیرکنترل فشار مسدود شده است به مخزن برمی‌گردد. در این سیستم‌ها عموماً از پمپ‌های چرخ دنده‌ای مانند تراکتور رومانی و گاهاً از پمپ پیستونی مانند تراکتورهای فرگوسن استفاده می‌شود (شکل۴۵).



شکل ۴۵ــ سیستم هیدرولیک مرکز باز

سیستم بالابر اتصال سه نقطه تراکتور: طرز کار بالابر سیستم اتصال سه نقطه در تمامی تراکتورها تقریباً مشابه است. پمپ هیدرولیک روغن را به مقسم داده، با فرمان راننده مقسم روغن را به سیلندر هیدرولیک فرستاده دسته پیستون با ماهک به محور گردنده متصل است. لذا محور گردنده درجهت عقربه‌های ساعت (دید از سمت راست تراکتور) چرخیده و لذا بازوهای بلندکن بالایی بازوهای رابط را بالا برده و بازوهای رابط نیز بازوهای بلندکن تحتانی را بالا می‌برد و در نتیجه ادوات بالا می‌روند. هنگام پایین‌آمدن ادوات باتوجه به اینکه سیلندر هیدرولیک یک‌طرفه است، با فرمان راننده مقسم درحالت پایین قرار می‌گیرد لذا ادوات دراثر نیروی وزن خود پایین آمده حرکت بازوها و محور گردنده برعکس می‌شود. پیستون داخل سیلندر جلو آمده، روغن داخل سیلندر خالی می‌شود (شکل۴۶).



شکل ۴۶ـ سیستم بالابر اتصال سه نقطهٔ تراکتور

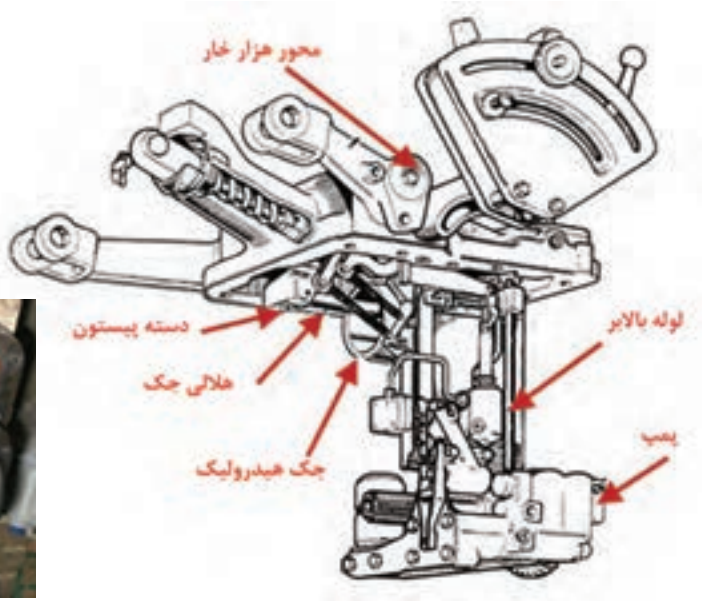
در تراکتورهای امروزی به‌منظور کنترل بهینه در شرایط مختلف، سیستم بالابر اتصال سه نقطه به چند سیستم کنترلی مجهز می‌باشد. این سیستم‌های کنترلی عبارتند از کنترل کشش، کنترل حساسیت، کنترل وضعیت و کنترل فشار که در کتاب نگهداری و کاربرد ماشین‌های کشاورزی با کاربرد آنها آشنا شده‌اید.

تحریک سیستم‌های کنترلی و همچنین صدور فرمان جهت تغییر شرایط ممکن است به‌صورت مکانیکی یا الکترونیکی انجام شود.

به‌منظور آشنایی با نحوهٔ عملکرد این سیستم‌های کنترلی، سیستم هیدرولیک یک نمونه تراکتور (MF۲۸۵) که به‌صورت مکانیکی تحریک می‌شود و در ادامه یک نمونه تراکتور با تحریک الکترونیکی (والترا T۱۷۰) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

سیستم بالابر اتصال سه نقطه در تراکتور MF۲۸۵

شکل ۴۷، سیستم بالابر اتصال سه نقطه تراکتور MF۲۸۵ را نشان می‌دهد. این سیستم شامل یک پمپ چهار سیلندر می‌باشد. پمپ روغن تحت فشار را از طریق لولهٔ عمودی به جک هیدرولیکی انتقال می‌دهد.
دسته پیستون با هلالی جک هیدرولیکی درگیر است که این اهرم به محور هزارخار متصل می‌باشد. براثر گردش این محور، بازوهای هیدرولیکی به کار انداخته می‌شوند.
وقتی که روغن تحت فشار به جک هیدرولیکی بالابر انتقال داده می‌شود، پیستون به طرف عقب فشار داده شده و در نتیجه بازوی فوقانی در اثر گردش محور هزار خاری به طرف بالا حرکت می‌کنند.
برعکس وقتی که مقسم، شیر هیدرولیک را در حالت تخلیه قرار می‌دهد، پیستون تحت بار (وزن) بازوهای هیدرولیکی به حالت اولیه بازمی‌گردد.
پمپ هیدرولیک توسط محوری که به صفحه کلاچ محور توان‌دهی متصل است، به حرکت درمی‌آید. بنابراین هرگاه کلاچ محور توان‌دهی در حالت خلاص باشد، پمپ نیز از حرکت خواهد ایستاد.



شکل۴۷ـ سیستم بالابر اتصال سه نقطه تراکتور MF۲۸۵

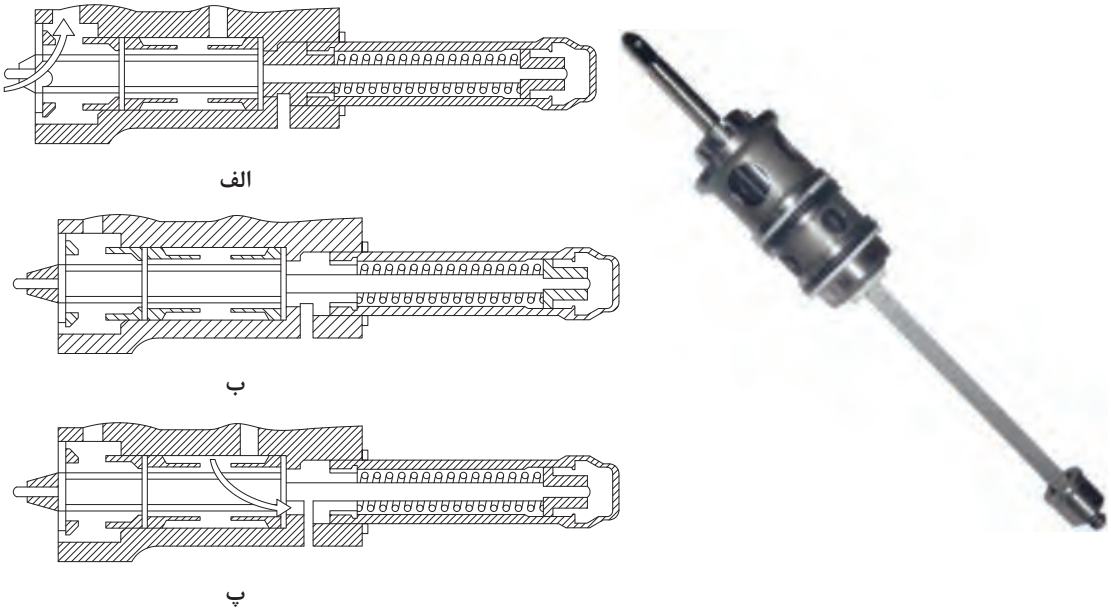
پمپ هیدرولیک: پمپ هیدرولیک تراکتور MF۲۸۵ در شکل ۴۸ نشان داده شده است. پمپ متشکل از دو شاخه پیستون می‌باشد که سوار بر قسمت فوقانی محور محرک می‌باشد. پیستون‌ها در داخل دو محفظه سوپاپ عقب و جلو برده می‌شوند. هر کدام از محفظه‌ها دارای دو سوپاپ ورودی و خروجی هستند.
وقتی که هر کدام از پیستون‌های پمپ به طرف پایین حرکت می‌کند مکش ایجاد می‌شود و سوپاپ ورودی را از نشیمن‌گاه بالا برده و روغن را با عبور از شیر کنترل (درصورت بازبودن) در طول مسیر محفظهٔ ورودی به داخل سیلندر می‌کشد. در طول زمان مکش سوپاپ خروجی تحت نیروی فنر بسته باقی می‌ماند.

وقتی که پیستون به آخر کورس مکش می‌رسد، مکش خاتمه یافته و سیلندر پر از روغن خواهد بود و سوپاپ ورودی تحت نیروی فنر بسته می‌شود.
وقتی پیستون به داخل سیلندر برمی‌گردد، فشار روغن، سوپاپ ورودی را بسته نگه می‌دارد و سوپاپ خروجی رانده می‌شود تا محفظه تحت فشار زیاد شود و از لولهٔ عمودی بالا رفته تا داخل جک هیدرولیکی بالابر شود.

شکل۴۸ـ پمپ هیدرولیک MF۲۸۵

شیر کنترل پمپ (مقسم): شیر کنترل پمپ دارای شیارهای ورودی و خروجی در هر یک از دو انتهای خود بوده و توسط فنر نوسان در وضعیت مکش قرار گرفته است. شیر کنترل داخل یک بوش می‌لغزد که دارای دریچه‌هایی برای هر دو وضعیت مکش و رانش پمپ است.

در حالی که شیر کنترل توسط فنر نوسان در وضعیت مکش است (شکل ۴۹ـ الف)، روغن از میان شیار ورودی به پمپ کشیده می‌شود. در این حالت بازوهای تحتانی بالابر هیدرولیکی به طرف بالا خواهند رفت.
با بودن شیر کنترل در وضعیت خلاصی (شکل ۴۹ـ ب)، هر دو شیار ورودی و خروجی از دریچه بوش خارج شده‌اند. در این حالت، بازوهای هیدرولیکی بدون حرکت باقی خواهند ماند.
با بودن شیر کنترل در وضعیت تخلیه (شکل ۴۹ـ پ)، شیارهای تخلیه باز و روغن از جک سیلندر به داخل مخزن روغن جریان می‌یابد. در این وضعیت، بازوهای هیدرولیک به طرف پایین حرکت خواهند کرد.



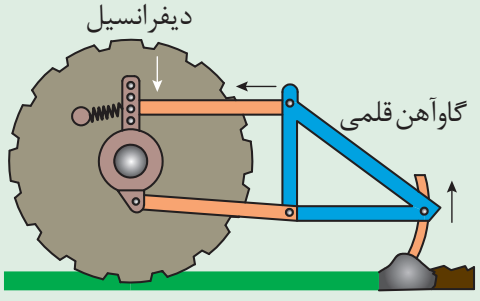
شکل ۴۹ـ شیر کنترل(مقسم) پمپ هیدرولیک تراکتور MF۲۸۵

کنترل کشش (کنترل عمق شخم)

سیستم کنترل کشش یکی از قابلیت‌های تراکتورهای امروزی است که برای ثابت نگهداشتن نیروی وارد بر تراکتور و ماشینی که داخل خاک کار می‌کنند، طراحی شده است. بار وارده به تراکتور در اثر افزایش عمق کار و همچنین در اثر برخورد با موانع و لایه‌های سخت خاک افزایش می‌یابد.

پرسش کلاسی

شکل ۵۰ نمایی از تراکتور و گاوآهن قلمی پشت آن را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل چه نیرویی به فنر سیستم بالابر اعمال می‌شود؟
درصورتی که سطح خاک ناگهان سفت‌تر شود، نیروی اعمال شده به فنر چه تغییری می‌کند؟



شکل ۵۰ـ نیروی وارد شده به فنر سیستم بالابر در حال شخم زدن

برای آشنایی با نحوهٔ کارکرد کنترل کشش آن را در دو حالت بررسی می‌کنیم (شکل ۵۱):

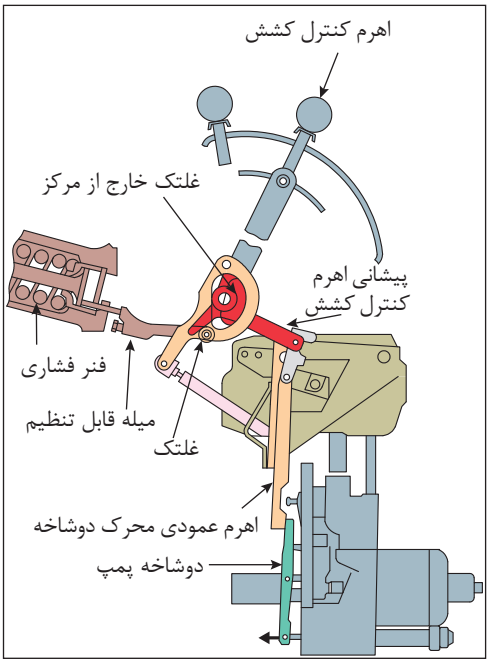
حالت اول ـ پایین آوردن ادوات:

جهت پایین‌آوردن ادوات، اهرم کنترل وضعیت باید در وضعیت حمل‌ونقل و اهرم کنترل کشش کاملاً پایین آورده شود. این عمل غلتک خارج از مرکز واقع در انتهای اهرم کنترل کشش را به طرف پایین پیشانی اهرم کنترل کشش فشرده و در نتیجه باعث پایین‌آمدن پیشانی تحتانی بادامک می‌شود. بادامک به طرف عقب کشیده شده و در نتیجه اهرم عمودی حول محوری چرخیده و مقسم را از طریق دو شاخه پمپ به وضعیت تخلیه حرکت می‌دهد و این حرکت در جهت خلاف کشیدن فنر شیر کنترل می‌باشد.

حالت دوم ـ تغییر نیروی کشش

تغییرات شرایط زمین باعث تغییرات در نیروی اعمال شده به فنر فشاری خواهد شد. هرگاه نیروی کشش افزایش یابد، نیروی فشاری در فنر کنترل عمق شخم نیز افزایش خواهد یافت، در نتیجه میله قابل تنظیم متصل به فنر به سمت عقب حرکت داده می‌شود. در اثر حرکت میله قابل تنظیم، پیشانی اهرم کنترل کشش در اثر حرکت لولایی، اهرم عمودی محرک دوشاخه را به سمت جلو هل می‌دهد و سبب می‌شود مقسم از طریق دوشاخه پمپ در وضعیت ارسال قرار گیرد و در نتیجه بازوها بالا بیایند. بعد از کاهش فشار روی فنر، مقسم به حالت اولیه برمی‌گردد. کاهش در نیروی کشش تأثیر عکس خواهد داشت.

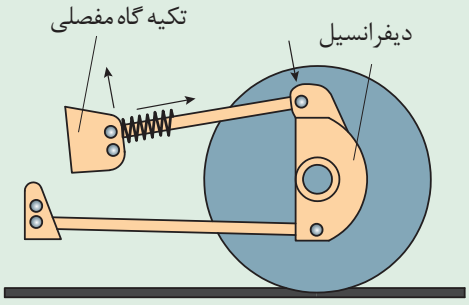
کنترل وضعیت: کنترل وضعیت برای ثابت نگه‌داشتن ارتفاع ادواتی که بالای سطح زمین کار می‌کنند، طراحی شده است.



شکل ۵۱ـ نحوه کارکرد سیستم کنترل کشش

پرسش کلاسی

اگر یک سانتریفیوژ به تراکتور متصل باشد چه نیرویی بر تکیه‌گاه نشان داده شده در شکل ۵۲، وارد می‌شود؟ با کاهش وزن مواد موجود در مخزن نیروی اعمال شده چه تغییری می‌کند؟

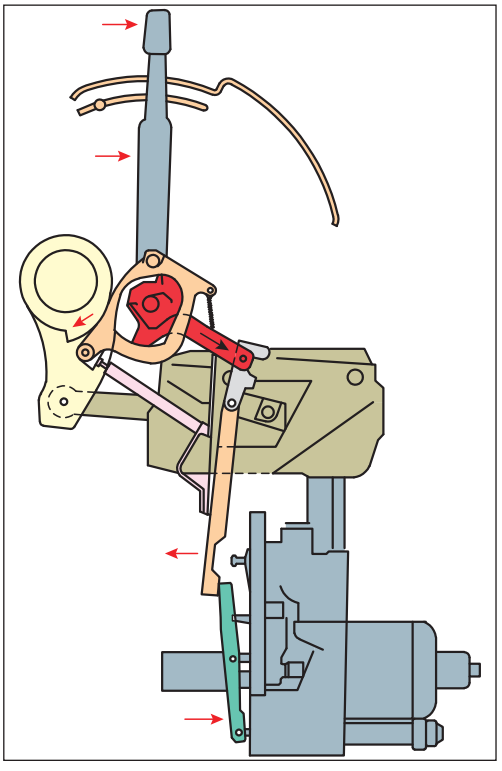


شکل ۵۲ـ نیروی اعمال شده به تکیه‌گاه مفصلی در کنترل وضعیت

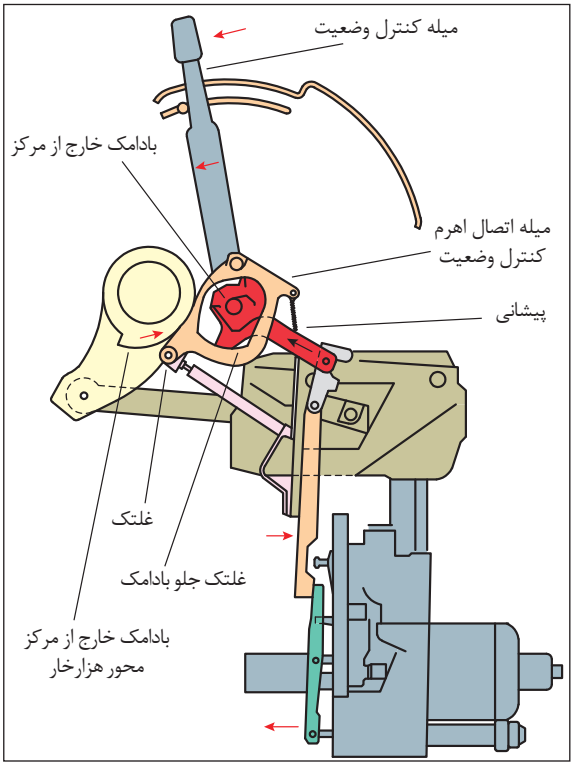
سیستم کنترل وضعیت را در دوحالت می‌توان بررسی کرد:

حالت اول ـ پایین آوردن ادوات: با پایین‌آمدن اهرم کنترل وضعیت، بادامک خارج از مرکز به پیشانی فشاری در جهت پایین وارد می‌کند. فنر تحت فشار، میله اتصال کنترل وضعیت را حرکت داده تا تماس بین غلتک و بادامک خارج از مرکز شفت عرضی برقرار شود و غلتک جلو بادامک را به طرف عقب حرکت می‌دهد و باعث می‌شود که اهرم عمودی حول محور چرخیده و شیر کنترل پمپ را از طریق اهرم به وضعیت تخلیه قرار دهد(شکل ۵۳).

حالت دوم ـ بالابردن ادوات: رهاشدن روغن از جک هیدرولیکی باعث می‌شود که بادامک خارج از مرکز شفت عرضی چرخیده به غلتک انتهایی نیرو وارد نماید که این غلتک روی اتصال کنترل وضعیت نصب شده است. این عمل باعث می‌شود که فنر شیر کنترل پمپ بتواند بادامک کنترل وضعیت را آنقدر به جلو حرکت دهد که این بادامک با غلتک جلوی در تماس باشد، تا شیر کنترل به وضعیت تخلیه برسد و این حالت به وضعیت شیر کنترل بستگی دارد. برای هر وضعیت که اهرم کنترل وضعیت حرکت داده شود وضعیتی وجود دارد که در آن بادامک، شیر کنترل را به وضعیت تخلیه حرکت می‌دهد(شکل ۵۴).

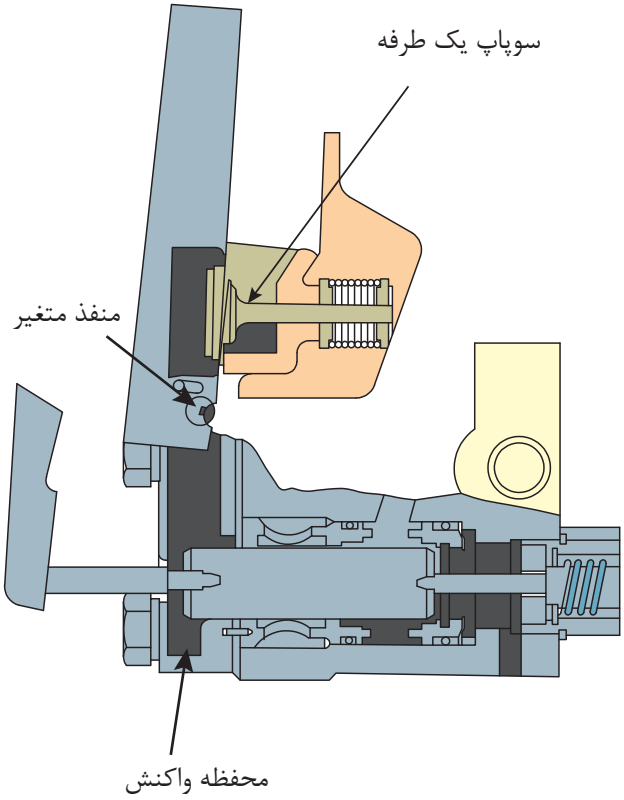


شکل ۵۳ـ پایین آوردن ادوات با کنترل وضعیت



شکل ۵۴ـ بالا بردن ادوات با کنترل وضعیت

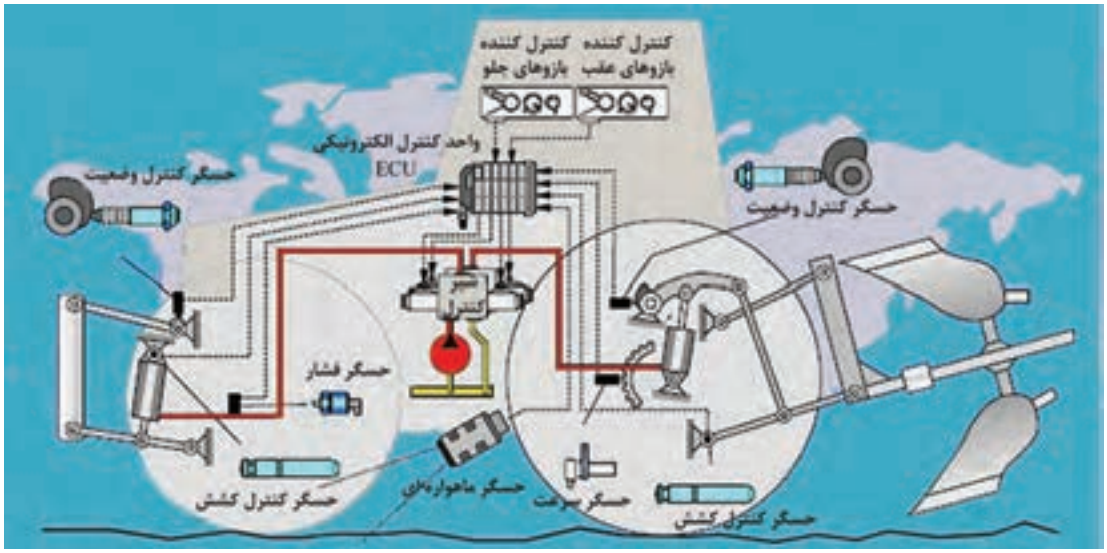
کنترل عکس‌العمل:کنترل حساسیت که در داخل پمپ تعبیه شده است، سرعت پایین آمدن ادوات را کنترل می‌کند. با حرکت دادن اهرم کنترل حساسیت، سرعت خروج روغن تغییر می‌کند. اگر دسته اهرم به طرف علامت منفی برده شود، دهانه منفذ کوچک شده، روغن با سرعت کمتری از جک خارج می‌گردد و بازوها به آهستگی پایین می‌رود. اگر به طرف علامت مثبت برده شود، دهانه منفذ بازتر شده، روغن با سرعت بیشتری خارج می‌گردد و بازوها سریع‌تر پایین می‌رود(شکل ۵۵)



شکل ۵۵ـ طرزکار سیستم کنترل عکس‌العمل

سیستم هیدرولیک تراکتور والترا T۱۷۰

سیستم هیدرولیک دستگاه شامل دو مدار کم‌فشار (۱۸ بار) و پرفشار (۱۸۰ بار) است که توسط یک عدد پمپ دنده‌ای دوقلو (با دبی ۳۰ و ۷۳ لیتر در دقیقه) تغذیه می‌شود. مدار کم‌فشار، روغن موردنیاز برای روغن‌کاری کلیه چرخ‌دنده‌ها و همچنین فشار لازم برای درگیرکردن کلاچ‌های هیدرولیکی گیربکس دلتاپاور شیفت، پی‌تی‌او، قفل دیفرانسیل عقب و سیستم چهار چرخ محرک (۴WD) را تأمین می‌کند. مدار پرفشار نیز، روغن موردنیاز جهت سیستم فرمان هیدرواستاتیک، جک‌های بالابر بازوهای عقب و خروجی‌های هیدرولیک را تأمین می‌کند. بازوهای جانبی عقب بااستفاده از دو عدد جک هیدرولیک مجزا قادرند تا نیروی بالابری حدود ۷ تن را اعمال کنند. این بازوها از نوع قلابدار بوده که به دو جفت قرقری تیپIII معمولی و لبه‌دار و یک جفت قرقری تیپII مجهز هستند. همچنین سیستم هیدرولیک تراکتور به دو عدد مقسم خروجی هیدرولیک مجهز است که هر مقسم دارای یک اهرم کنترل در داخل کابین و یک جفت کوپلینگ اتصال سریع در پشت کابین است. هر مقسم می‌تواند به سادگی متناسب با جک هیدرولیک مورد استفاده به وسیله راننده به صورت یک‌طرفه یا دوطرفه تنظیم شود.



شکل ۵۶ــ سیستم هیدرولیک تراکتور VALTRA T ۱۷۰

کنترل اتومات بازوهای عقب

به‌منظور سهولت در امر کنترل حرکت بازوهای جانبی تراکتور، عملیات فرماندهی و کنترل شیربرقی جک‌های هیدرولیک برعهده یک سیستم الکترونیکی و در رأس آن یک واحد کنترل برنامه‌ریزی شده (ECU) گذاشته شده است.

با تنظیم سیستم کنترل اتوماتیک توسط اپراتور (راننده تراکتور)، این سیستم کنترل موارد زیر را برعهده خواهد گرفت:

- کنترل سرعت پایین‌رفتن بازوها باتوجه به سنگینی بار وارده.
- کنترل حداکثر ارتفاع بالارفتن بازوها به منظور ایمنی و تعادل.
- کنترل حداکثر پایین‌رفتن بازوها به‌منظور کنترل عمق ادوات.
- کنترل عکس‌العمل بازوها نسبت به نیروی کشش وارده از سوی ادوات.
- کنترل تعادل تراکتور هنگام حمل ادوات سنگین در جاده به ویژه در سرعت‌های زیاد.
- امکان عمق‌گیری سریع ادوات در هنگام شروع حرکت در ابتدای هر راه شخم.
- امکان ایجاد حالت تعلیق یا شناوری بازوها در حین کار با کارنده‌ها.
- امکان حرکت تدریجی بازوها با استفاده از کلیدهای روی گلگیر در هنگام نصب ادوات.

از دیگر کنترل‌های اتوماتیک تعبیه شده در این تراکتور، درگیرشدن چهارچرخ محرک (۴WD) در زمان فشردن جفت پدال ترمز یا کشیدن ترمزدستی به‌منظور درگیری بهتر چرخ‌ها با زمین و همچنین قطع‌کردن قفل دیفرانسیل عقب در زمان فشردن هر یک از پدال‌های ترمز یا بالابردن بازوها به‌منظور ایمنی است.

گفت‌وگوکنید

باتوجه به شکل ۵۶، در مورد نحوهٔ کار کنترل خودکار تراکتور والترا در کلاس بحث و گفت‌وگو کنید.

جدول ارزشیابی پودمان

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
سیستم‌های هیدرولیکی	تحلیل قوانین حاکم بر سیستم‌های هیدرولیکی	تحلیل ساختمان، عملکرد و قوانین حاکم بر سیستم‌های هیدرولیکی و درک چگونگی به کارگیری از آنها برای کنترل اتصال سه نقطه تراکتور	بالاتر از حد انتظار	تحلیل قوانین پاسکال، اصل پایستگی انرژی و محاسبه نیروی انتقالی توسط یک سیستم هیدرولیکی ساده- تحلیل نقش اجزاء مختلف سیستم، تحلیل سیستم های هیدرولیکی کنترل کشش، کنترل وضعیت و کنترل حساسیت تراکتورها ـ توانایی تجویز اجزاء مناسب برای یک سیستم هیدرولیکی خاص	۳
			در حد انتظار	تحلیل قوانین پاسکال، اصل پایستگی انرژی و محاسبه نیروی انتقالی توسط یک سیستم هیدرولیکی ساده- تحلیل نقش اجزاء مختلف سیستم، تحلیل سیستم‌های هیدرولیکی کنترل کشش، کنترل وضعیت و کنترل حساسیت تراکتورها	۲
	کاربرد هیدرولیک در تراکتورها		پایین‌تر از انتظار	تحلیل نقش اجزاء مختلف سیستم هیدرولیک	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					