

دوره آموزشی hysys

Hysys training courses

برگرفته از دوره TRAINING-Svecek

تهیه کننده : محمد بهزادی Mohammad Behzadi

وبلاگ آموزشی: www.mblastsavior.mihanblog.com
پست الکترونیکی: Lastsavior_b@yahoo.com

تقدیم به برادرم مهدی هدایت زاده که با بخشش علمی بیدریغ خود استاد و قطب نمای علمی در مسیر زندگیم بود

تذکر: برای دیدن راهنمای مطالب لازم است تا از آکروبات 7 یا بالاتر استفاده شود

Acrobat 7.0 or higher is needed for view commenting!

پمپ
Pump

1-5- شرح و توصیف

یکی از مسائل مهم در صنعت حرکت سیالات در داخل لوله‌ها یا وارد و خارج کردن سیالات از مخازن می‌باشد. این کار توسط پمپ‌ها انجام می‌شوند. در واقع پمپ‌ها انرژی مکانیکی سیالات را به وسیله افزایش فشار، سرعت، ارتفاع سیال و یا هر سه اینها افزایش می‌دهند. در صنعت دو گروه عمده پمپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. پمپ‌های سانتریفوژ¹ و پمپ‌های جابجایی مثبت².

2-5- تقسیم‌بندی پمپ‌ها

بر اساس نحوه عملیات پمپاژ در پمپ‌ها، دسته بندی‌های زیر ارائه شده است.

1-2-5- پمپ‌های سانتریفوژ

شرح و توضیح: اصول اساسی کار کلیه پمپ‌های سانتریفوژ بر اساس استفاده از نیروی گریز از مرکز پایه‌ریزی شده است. هر جسمی که در یک مسیر دایره‌ای حرکت کند تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز واقع می‌شود. جهت نیروی گریز از مرکز طوری است که همواره تمایل دارد که جسم را از محور یا مرکز دوران دور می‌سازد.



قطعه دواری که داخل پوسته پمپ وجود دارد با حرکت سریع خود موجب گردش سیال می‌گردد. در نتیجه این عمل، سیال تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز واقع شده و از مجرای خروجی خارج می‌گردد. در نتیجه ایجاد خلا نسبی، فشار اتمسفر باعث دخول سیال به بدنه پمپ می‌گردد. تا زمانی که آب در داخل پمپ وجود داشته باشد مراحل فوق تکرار می‌شود. قطعه دوار یکه در داخل پمپ‌های گریز از مرکز قرار دارد پره نامیده می‌شود.

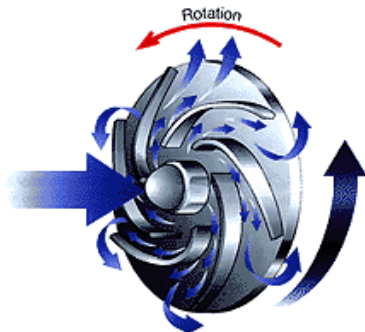
مجرای ورودی یا مکش سیال در مرکز پره قرار داشته و مجرای خروجی در پیرامون بدنه واقع شده است.

قسمت‌های اصلی یک پمپ سانتریفوژ عبارت است از:

پروانه‌ها: که بهره یک پمپ سانتریفوژی را تعیین می‌کنند. بسته به نوع و کاری که از پمپ انتظار می‌رود، تعداد پره‌ها بین 1 تا 9 یا بیشتر تغییر می‌کند. به عنوان مثال از پروانه‌های با تک پره نیمه‌باز در بسیاری از پمپ‌های صنعتی قوی که با مایعات غیر یکنواخت و تصفیه نشده همراه با رسوبات و ذرات معلق، سروکار دارند،

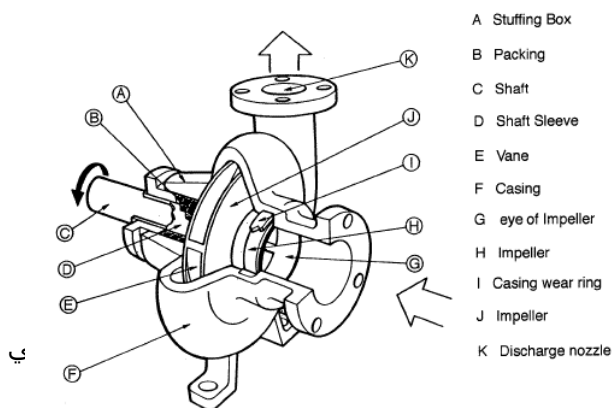
¹ centrifugal
² Positive displacement

استفاده می‌شود. از پره‌های باز نیز برای پمپاژ سیالاتی که دارای ماده خارجی اضافی بیشتری هستند به کار می‌رود.



شکل 5-2- نمونه پره نیمه باز در یک پمپ سانتریفوژ

قسمت دیگر پمپ پوسته و یا بدنه آن است که معمولاً به صورت دوپاچه می‌سازند. پارچه‌های مزبور تحت یک صفحه افقی یا به صورت قطری با یکدیگر جفت می‌شوند، معمولاً دریچه‌های ورود و خروج آب را در پارچه زیری تعبیه می‌کنند. پمپ‌های گریز از مرکز را به صورت یک‌راهه یا دوراچه می‌سازند. البته نوع دوراچه به مراتب بهتر از نوع یک‌راهه است زیرا وقتی فشار موجود در یکی از مجراهای ورودی یا خروجی تغییر کند نیروهای محوری به صورت خودکار یکدیگر را متعادل می‌سازند.



5-2-1-1- تقسیم

طرح‌های اساسی پمپ‌های سانتریفوژ به اصول مختلف عملکرد آنها بستگی دارد. به طور عمومی پمپ‌های گریز از مرکز را نسبت به موارد زیر طراحی می‌کنند:

- 1- وضعیت مجرای ورودی مثل یک‌راهه یا دوراچه.
- 2- وضعیت مراحل از قبیل یک مرحله و یا چند مرحله‌ای.
- 3- وضعیت خروجی از نظر میزان سیال خارج شده مثل پمپ با خروجی زیاد، متوسط و یا کم.
- 4- وضعیت پروانه مانند نوع، تعداد پره‌ها و وضعیت بدنه پمپ.

پمپ‌های یک‌مرحله‌ای: این پمپ‌ها بیشتر برای مواردی استفاده می‌شوند که ارتفاع خروجی، کم یا متوسطی مورد نظر باشد. می‌توان با استفاده از یک پمپ یک مرحله‌ای به ارتفاع خروجی حدود 1000ft دست پیدا کرد در حالیکه عملاً وقتی ارتفاع بیش از 250 تا 300ft مورد نظر باشد بهره‌گیری از پمپ‌های چندمرحله‌ای عاقلانه‌تر است.

-پمپهای چندمرحله‌ای: این پمپها قادرند آب را تا ارتفاع نسبتاً زیاد پمپاژ نموده، فشار قابل توجهی را نیز در اختیار بگذارند. بسته به اندازه و ارتفاع پمپاژ، آنها را به صورت دو مرحله یا چند مرحله طراحی می‌کنند. با وجودیکه همه پروانه‌ها به یک محور واحد متصل بوده و در داخل یک بدنه واقع شده‌اند هر مرحله را می‌توان عمل یک پمپ مجزا فرض کرد. برای مثال در داخل یک بدنه می‌توان از 8 مرحله متفاوت استفاده نمود. در اولین مرحله سیال منبع مورد نظر مستقیماً از طریق مجرای ورودی تحویل گرفته شده و فشار آن به اندازه فشار ناشی از یک پمپ تک‌مرحله‌ای افزایش می‌یابد و به مرحله بعدی ارجاع می‌شود. در هر مرحله، فشار کمی زیاد می‌شود تا جاییکه فشار و حجم آب خروجی به میزانی که مورد نظر است برسد و مراحل خاتمه یابد.

از یک دیدگاه خاص پمپهای سانتریفوژ برحسب محرک نیز تقسیم‌بندی می‌شوند. پمپهای سانتریفوژی که مستقیماً به یک موتور الکتریکی متصل مربوط می‌شوند و با استفاده از یک تسمه حرکت منتقل می‌شود. در این موارد که پمپ مستقیماً توسط یک موتور به گردش در می‌آید، موتور و پمپ هر دو بر روی یک زیرکاري بزرگ تعبیه شده و با یک کویلینگ مناسب به هم مربوط می‌شوند. موتورهای الکتریکی دارای سرعت بالا و راندمان مناسب هستند تنها ایرادی که دارند این است که نمی‌توان سرعت موتور را با بار³ ورودی تنظیم نمود. پمپهای توربینی با وجود اینکه دارای راندمان پایین هستند ولی به علت اینکه دور موتور با بارورودی قابل تنظیم است کاربرد فراوان دارند و معمولاً به عنوان پشتیبان پمپهای الکتروموتوری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

2-1-2-5- مزایای پمپ‌های سانتریفوژ

مزایای پمپهای سانتریفوژ بدین شرح می‌باشد:

- 1- سادگی ساختمان
- 2- قیمت کم
- 3- تنوع جنس پروانه و محفظه (انواع فلزات و غیر فلزات مثل پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها)
- 4- هزینه نگهداری کم
- 5- چون می‌توانند در دوره‌های بالا کار کنند امکان اتصال مستقیم به موتور الکتریکی وجود دارد.
- 6- جریان تحویلی از پمپ پایدار و بالا است
- 7- می‌تواند جریان‌های دوغابی را پمپ کند
- 8- فضای کمی را اشغال می‌کند

2-1-3- معایب پمپ‌های سانتریفوژ

- معایب این پمپها نیز عبارتند از:
- 1- به جز در سرعت‌های بالا (مثلاً بیش از 10000 rpm) امکان ایجاد فشارهای بالا در پمپ‌های یک‌مرحله‌ای وجود ندارد
 - 2- پمپ‌های چند مرحله‌ای برای فشارهای بالا گران‌قیمت هستند، خصوصاً برای مصالح مقاوم در مقابل حرارت

³ Load

3- در دبي‌هاي بالا راندمان سريعاً افت مي‌کند
 4- اين پمپ‌ها Self-priming نيستند (احتياج به آب‌بندي دارند)
 يکي از مهمترين مشکلاتي که بيشتر براي پمپ‌هاي سانترفوژ پيش مي‌آيد مسئله کاویتاسيون مي‌باشد. قبل از بررسي اين مطلب بايد مختصري در مورد NPSH (Net Positive Suction Head) که يکي از پارامترهاي مهم پمپ‌ها است توضيح دهيم.

در هنگام مکش و در قسمتهاي مختلف پمپ هرگز نبايد فشار مائع کمتر از فشار بخار مائع شود. $NPSH_R$ در واقع حداقل فشاري است که پس از غلبه بر افت‌هاي اصطکاکي و اغتشاشي درون پمپ باز هم بايد از فشار بخار مائع بيشتر يا مساوي آن باشد. زيرا اگر اين اتفاق رخ دهد باعث بوجود آمدن حبابهاي درون مائع داخل پمپ شده حبابهاي بخار به علت سرعت زياد پره‌ها و فشار زيادي که خودشان دارند ضربات بسيار محکمي به پره‌هاي پمپ وارد کرده و باعث تخریب پره‌ها مي‌شوند. در واقع پديده کاویتاسيون وجود چنين حبابهايي در جريان ورودی مائع پمپ است که براي اينکه اين اتفاق نيفتد بايد فشار مائع ورودی حداقل به مقداري باشد که $NPSH_R$ مثبت را نتيجه بدهد. $NPSH$ يکي از پارامترهاي طراحي پمپها است که معمولاً توسط کارخانه سازنده پمپ مشخص مي‌شود.

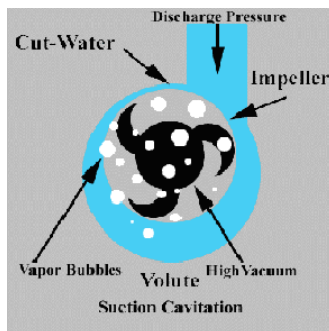
$$NPSH = h_{ss} - h_{fs} - p > 0$$

h_{ss} = هد مائع در مکش

h_{fs} = هد اصطکاکي

p = فشار بخار مائع در دماي عملکرد پمپ بر حسب هد مائع

Low Pressure/High Vacuum



شکل 4-5- کاویتاسيون در پمپ‌هاي سانترفوژ به علت کاهش فشار مائع ورودی

4-1-2-5 - شرايط عملکرد غير عادي پمپ

وقتي پمپ‌هاي گريز از مرکز در شرايط عادي باشند، نرم و بدون لرزش کار مي‌کنند. در اين حالت ياتاقانها گرمای ثابتي دارند که به وضعیت قرار گيري دستگاها بستگي دارد. اين دما ممکن است تا حدود $100^{\circ}F$ پايين بيايد. البته بايد به خاطر داشت که دماي کلي سيستم به ظرفيت آن بستگي دارد و به ازاء حداقل جريان، دما به حداکثر ممکن مي‌رسد. بعضي از اشکالاتي که ممکن

است در پمپهای گریز از مرکز اتفاق بیفتد همراه با علل ممکنه به صورت خلاصه در زیر آورده شده است.

دبی پمپ کمی پس از روشن شدن پمپ کم می‌شود؟ در صورت بروز چنین مشکلی علت را باید در عوامل زیر جستجو نمود:

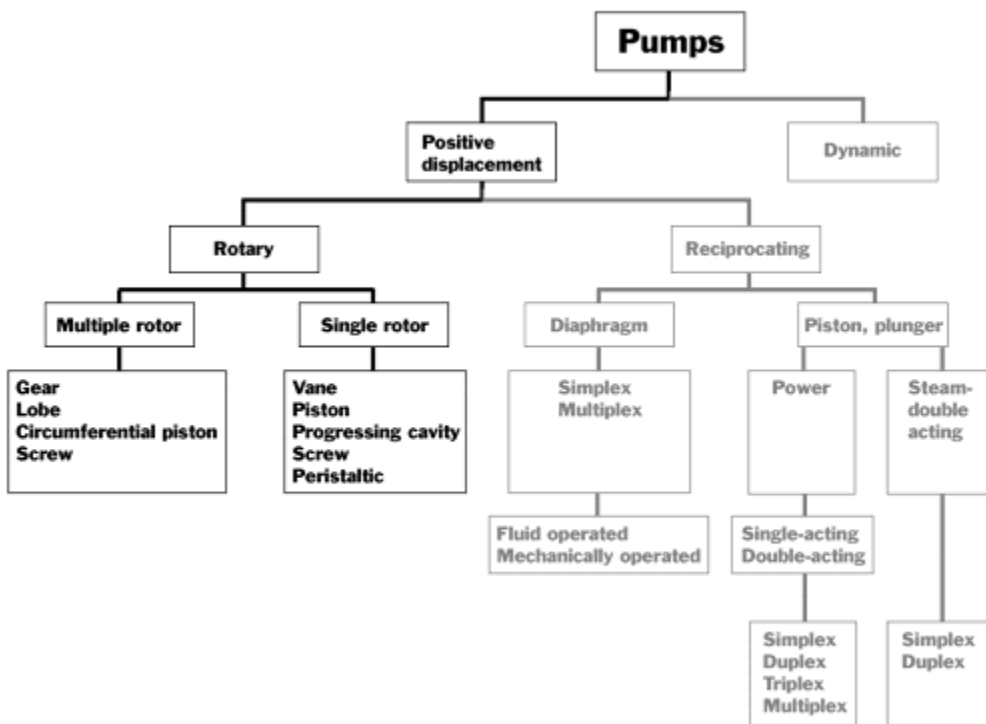
- 1- هوا وارد لوله می‌شود.
 - 2- عمق زیاد است (بیش از 5 متر).
 - 3- لوله آببندی اولیه مسدود است و یا داخل سیال هوا یا گازهای مزاحم زیاد است (هوا یا بخار در بخش مکش تجمع کرده است).
- پمپ موتور داغ می‌کند؟ در این صورت باید عوامل زیر را بررسی کرد:
- 1- سرعت زیاد است.
 - 2- ارتفاع دینامیکی کل کمتر از قدرت پمپ بوده و سیال زیادی پمپاژ می‌شود.

- 3- پمپ برای جابجا کردن سیالی با وزن مخصوص و ویسکوزیته سیالی که فعلاً دارد آن را پمپاژ می‌کند ساخته نشده است
- پمپ لرزش زیادی دارد؟ علل به شرح زیر است:
- 1- به طور کلی قطعات در تماس باهم، تنظیم نیستند.
 - 2- فونداسیون به قدر کافی سخت نیست.
 - 3- یک ماده خارجی تعادل پروانه را به هم زده است.
 - 4- یک اشکال مکانیکی از قبیل خم شدن محور، ساییده شدن یاتاقانها و یا مالیده شدن یک قطعه متحرک به یک قطعه ثابت وجود دارد.

5-2-2- پمپهای جابجایی مثبت

پمپهای گریز از مرکز که در صفحات قبل بررسی شد در واقع پمپهای جابجایی منفی هستند. در واقع این پمپها سرعت سیال را به طور زیادی بالا می‌برند در حالیکه پمپهای جابجایی مثبت به طور ثابت و یکنواخت سیال را از داخل محفظه خود به بیرون می‌رانند. پمپهای جابجایی مثبت برای هد ثابت و ظرفیت‌های بالا بکار می‌روند. اصول کار به این صورت است که مقداری از سیال درون محفظه‌ای که مرتباً پر از سیال می‌شود گیر می‌کند و سپس در فشار بالاتری، از قسمت خروجی پمپ خارج می‌شود.

5-2-2-1- تقسیم‌بندی انواع پمپ‌های جابجایی مثبت



پمپ‌های جابجایی مثبت دارای دو نوع عمده هستند که براساس متحرک بودن و یا ثابت بودن محفظه اصلی پمپ تقسیم‌بندی می‌شوند. یک نوع، محفظه اصلی پمپ ثابت است و تقریباً شبیه سیلندر است و یک قطعه متحرک مانند پیستون درون آن حرکت می‌کند. به این پمپ‌ها، پمپ‌های رفت و برگشتی⁴ می‌گویند. اما نوع دیگر پمپ‌ها، پمپ‌های دورانی⁵ می‌باشند که حرکت محفظه شامل سیال، از قسمت ورودی سیال تا قسمت خروجی آن صورت می‌گیرد. پمپ‌های جابجایی مثبت نسبت به وضعیت پروانه‌ای که داخل آن است تقسیم‌بندی‌های خاص خود را دارند: پمپ‌های دنده‌ای⁶ که شامل دو چرخ‌دنده ساده هستند و یکی از آنها به وسیله عامل محرک مثل موتور به گردش در آمده و چرخ‌دنده دیگر را بر می‌گرداند یک نوع از این پمپ‌ها هستند. در پمپ‌های دنده‌ای میزان سیال را به سادگی و تنها با تغییر سرعت گردش محور می‌توان تغییر داد. نوع دیگر پمپ‌های دورانی، پمپ‌های پره‌ای⁷ می‌باشند. اصول کار این پمپ‌ها بر اساس افزایش حجم فضای خالی برای ایجاد یک خلاء جزئی پایه‌گذاری شده است. بدیهی است که خلاء مزبور باعث پر شدن محفظه مکش پمپ از سیال می‌شود. لحظه بعد کاهش حجم فضاهای خالی، سیال را با فشار از طرف دیگر بیرون می‌رانند. در پمپ‌های مارپیچی (شکل 7) ساختمان داخلی، شبیه چرخ

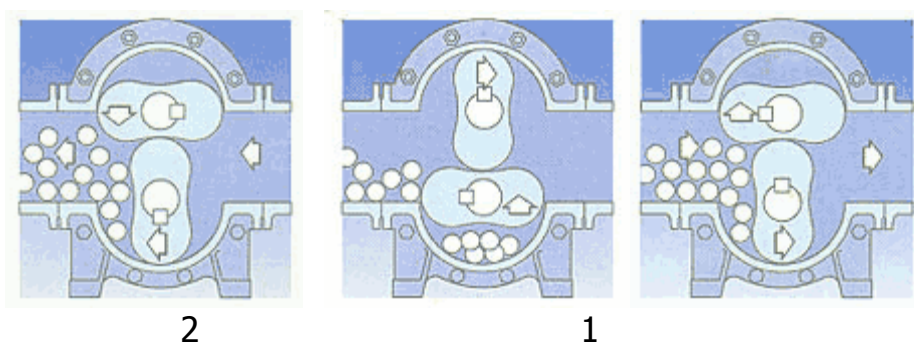
⁴ Reciprocating Pump

⁵ Rotary Pump

⁶ Gear Pump

⁷ Van Pump

گوشت است و برای مایعات با ویسکوزیته بالا، مثل پلیمرها به کار می‌رود و غالباً با سر و صدا و دارای راندمان بالایی هستند.

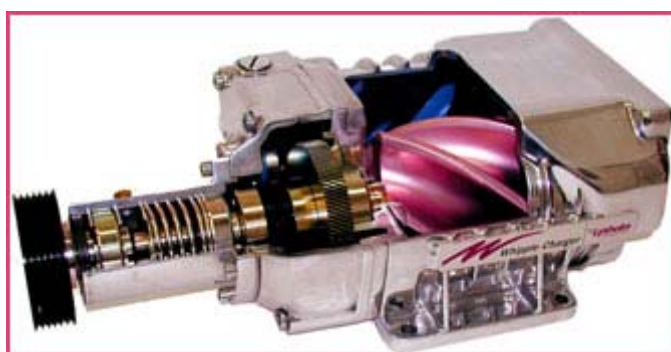


2

1

3

شکل 5-5- ترتیب ورود و خروج سیال در پمپ جابجایی مثبت



شکل 5-6- نمونه پمپ مارپیچی (screw)

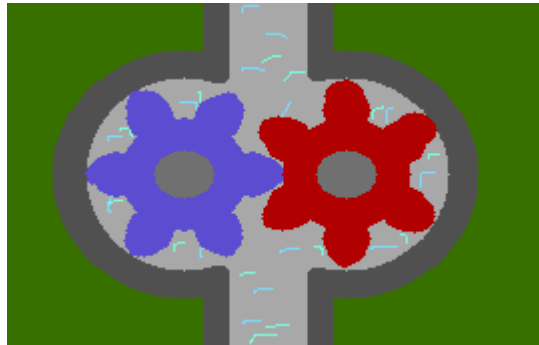
پمپ‌های سنجشی معمولاً برای پمپ کردن مقدار دقیق سیال (مثل افزودن بازدارنده‌های شیمیایی) به کار می‌روند. ظرفیت کم و فشارهای بالا از خصوصیات این پمپ‌ها می‌باشد.

پمپ‌های پیستونی نیز به صورت جابجایی مثبت یا متغیر ساخته می‌شوند. در پمپ‌های پیستونی با جابجایی متغیر، جابجایی پمپ به طور خودکار تغییر یافته و موجب می‌شود که جریان مورد نیاز سیستم به طور اتوماتیک ثابت باقی بماند. وقتی میزان جابجایی تغییر کند فشار سیستم به نحوی متناسب با آن تغییر کرده به صورتی که جریان تقریباً ثابت باقی بماند.



شکل 5-7- پمپ پره ای

یکی دیگر از پمپ‌های مورد استفاده در صنعت، پمپ دورانی می‌باشد. همانطوریکه در شکل زیر مشاهده می‌شود در این نوع از پمپ‌ها، سیال وارد محفظه‌ای می‌شود که در آن چند پره (معمولاً دو پره) در حال چرخیدن هستند. نحوه چرخش پره‌ها به صورتی است که باعث بردن سیال به کناره‌های محفظه شده و از آنجا سیال به قسمت خروجی پمپ با فشار ایجاد شده توسط پره‌ها منتقل می‌شود. این پمپ‌ها دارای ساختمان ساده‌ای بوده و برای سیالات با ویسکوزیته بالا بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل 5-8- پمپ دورانی

یکی از خصوصیات این پمپ‌ها قابلیت کنترل فشار خروجی از پمپ با تنظیم سرعت چرخش پره می‌باشد. یکی از مسایل مهم این نوع پمپ‌ها، قابلیت خوردگی سیال می‌باشد. لذا در مورد جریان‌هایی که می‌توانند خاصیت خوردگی روی پره‌ها ایجاد کنند، با کشیدن پوشش بر روی پره‌ها از خوردگی جلوگیری می‌شود.

5-3- نحوه کار پمپها در سیستم

منحنی یک پمپ ارتباط بین هد و ظرفیت یک پمپ را شرح می‌دهد و این ارتباط بدین صورت است که هرچه ارتفاع بالاتری مورد نظر باشد ظرفیت پمپ کمتر خواهد شد و در نتیجه این دو رابطه عکس با یکدیگر دارند. منحنی سیستم نیز ارتباط بین اختلاف هد کل در سراسر سیستم و جریان کلی در سیستم را نشان می‌دهد. برای انتخاب یک

پمپ شکل و شیب نمودار پمپ باید نسبت به موقعیتش (با توجه به نمودار سیستم) مورد توجه قرار گیرد. گاهی اوقات که ظرفیت پمپ از ظرفیت سیستم بیشتر است به وسیله شیرهایی به نام شیر فشار شکن (Throttle Valve) ظرفیت پمپ را تا ظرفیت مورد نیاز در سیستم کاهش می‌دهد. به این ترتیب که شیر فشار شکن با صرف انرژی باعث افزایش انرژی اصطکاکی در قسمت خروجی پمپ شده و باعث کاهش ظرفیت می‌شود. کنترل ظرفیت پمپ می‌تواند با برگرداندن قسمتی از مایع به بخش ورودی پمپ نیز صورت بگیرد که غالباً این روش برای پمپهای جابجایی مثبت بکار می‌رود زیرا برای این‌گونه پمپها شیر فشار شکن به کار نمی‌رود.

راه دیگر برای تنظیم ظرفیت پمپ تطبیق سرعت چرخش پمپ با ظرفیت مورد نیاز است که غالباً کار آسانی است زیرا پمپهای الکتروموتوری با سرعت ثابتی راه‌اندازی می‌شوند ولی از این روش در پمپهای توربینی می‌توان استفاده کرد.