

اصول عملکرد پمپ ها



فهرست

تاریخچه ی فن آوری پمپ

۱۱	
۱۱	تأمین آب
۱۲	دفع فاضلاب
۱۳	فن آوری گرمایش

سیستم های پمپاژ

۱۶	
۱۶	سیستم باز پمپاژ آب
۱۷	سیستم بسته گرمایشی

آب به عنوان وسیله ی انتقال گرما

۱۹	
۱۹	ظرفیت گرمایی ویژه
۲۰	افزایش و کاهش حجم
۲۱	ویژگی های به جوش آمدن آب
۲۲	انبساط آب گرم و محافظت در برابر افزایش فشار
۲۳	فشار
۲۳	کاویتاسیون

طراحی پمپ های گریز از مرکز

۲۵	
۲۵	پمپ های خودمکش و غیر خودمکش
۲۶	عملکرد پمپ های گریز از مرکز
۲۶	پروانه ها
۲۷	بازده پمپ
۲۸	توان مصرفی در پمپ های گریز از مرکز
۲۹	پمپ های بدون گلند
۳۱	پمپ های گلنددار
۳۳	پمپ های گریز از مرکز فشار بالا

منحنی ها

۳۵	
۳۵	منحنی پمپ
۳۶	منحنی سیستم
۳۷	نقطه ی عملکرد

تنظیم پمپ بر حسب میزان نیاز به گرما

۳۹	
۳۹	نوسانات دمای هوا
۴۰	انتخاب سرعت پمپ
۴۱	شیوه های کنترل

طراحی اولیه ی پمپ برای سیستم گرمایشی استاندارد

۴۵

۴۵	میزان آبدهی پمپ
۴۵	هد خروجی پمپ
۴۶	مثال کاربردی
۴۷	تاثیر انتخاب تخمینی پمپ
۴۷	نرم افزار انتخاب پمپ
۴۹	شرایط هیدرولیک از آغاز تا پایان
۴۹	تنظیم پمپ های کنترل شده به شکل الکترونیکی
۵۰	اتصال چند پمپ

۵۴

نتیجه گیری

۵۵

خود آزمایی

۵۵	تاریخ فن آوری پمپ
۵۶	آب به عنوان وسیله ی انتقال گرما
۵۷	ویژگی های طراحی
۵۸	منحنی ها
۵۹	تنظیم پمپ بر حسب نیاز به گرما
۶۰	طراحی اولیه ی پمپ
۶۱	اتصال چند پمپ

۶۲

واحدهای اندازه گیری پارامترها در پمپ های گریز از مرکز

برای دریافت جزوات و تمرین ها به کانال یوتیوب

Bookletshare sen file .ir

@Bookletshare

مراجعه نمایید.

اصول عملکرد پمپ‌ها

پمپ عنصری مهم برای آسایش در زندگی انسان امروزی است. به کمک آن می‌توان سیالات را، گرم یا سرد، پاکیزه یا آلوده، به حرکت درآورد. پمپ این وظیفه‌ی خود را نه تنها با بیش‌ترین حد کارایی به انجام می‌رساند، بلکه به حفظ محیط زیست نیز کمک می‌کند.



در فصلی که با عنوان «خودآزمایی» آمده است، شما می‌توانید درک خود را از مطالب ارائه شده در هر قسمت، با پاسخ‌گویی به یک رشته پرسش‌های چندگزینه‌ای محک بزنید.

در فن‌آوری تجهیز ساختمان، پمپ‌ها نقشی بسیار مهم دارند و در زمینه‌های گوناگونی به کار می‌آیند. آشنا‌ترین‌شان در این میان پمپ‌های سیرکولاتور هستند. به همین دلیل، در این چند صفحه به توضیح آن‌ها خواهیم پرداخت.

پمپ‌ها، علاوه بر آنچه گفته شد، در زمینه‌ی تأمین آب و دفع فاضلاب نیز کاربرد دارند، برای نمونه:

در ایستگاه‌های تقویت فشار، در زمان افت فشار آب در شبکه‌ی آب شهری، در گردش آب آشامیدنی، برای اطمینان از آن که می‌توان همواره به کمک شیر آب به آن دسترسی داشت.

- برای جمع‌آوری فاضلاب
- در فواره‌ها و آکواریوم‌ها
- برای آتش‌نشانی
- برای آب سرد یا آب خنک کننده در صنعت
- برای روش‌های بهره‌گیری از آب باران در سیفون توالت، ماشین لباس‌شویی، نظافت و آبیاری و بسیاری مصارف دیگر

باید به یاد داشت که هر سیال (برای مثال، فاضلاب یا مخلوط آب گلیکول) ویسکوزیته‌ی خاص خود را دارد و هر کشور هم استاندارد ویژه‌ای برای خود، که انتخاب نوع مناسبی از پمپ را مجاز می‌داند. (برای نمونه مسئله‌ی محافظت در برابر انفجار یا الزامات پمپ‌های آب آشامیدنی)

هدف این کتاب در درجه‌ی نخست ارائه‌ی اصول ابتدایی فن‌آوری پمپ به کسانی است که در حال حاضر در این زمینه به شکلی حرفه‌ای و تخصصی مشغول آموزش یا بازآموزی هستند. استفاده از جمله‌های توصیفی ساده، نمودارها و مثال‌ها به منظور فراهم آوردن دانسته‌های کافی برای کاربرد در دنیای واقعی بوده است و انتظار می‌رود چنین معلوماتی بتواند به انتخاب نوع مناسبی از پمپ و شیوه‌ی درست به‌کارگیری آن در زندگی روزمره بیانجامد.

تاریخچه فن آوری پمپ

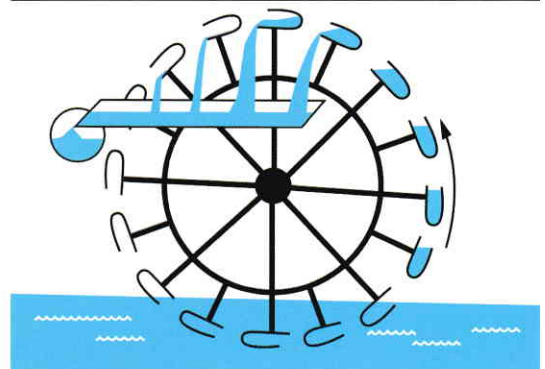
تامین آب

وقتی به پمپ و تاریخچه‌ی آن فکر می‌کنیم به یاد می‌آوریم که انسان‌ها از دیرباز به دنبال راه‌هایی بوده‌اند که بتوانند سیالات - خصوصاً آب - را به ارتفاع بالاتر حرکت دهند. این مساله هم در آبیاری کشتزارها به کار می‌آمده است، هم در پر کردن خندق‌هایی که در گذشته در اطراف باروی شهرها و کاخ‌ها کشیده می‌شدند.

ساده‌ترین وسیله‌ی پیمانه‌ای شکل انتقال آب، دست انسان بوده و برای این منظور همواره دو دست مناسب‌تر از یک دست بوده است.

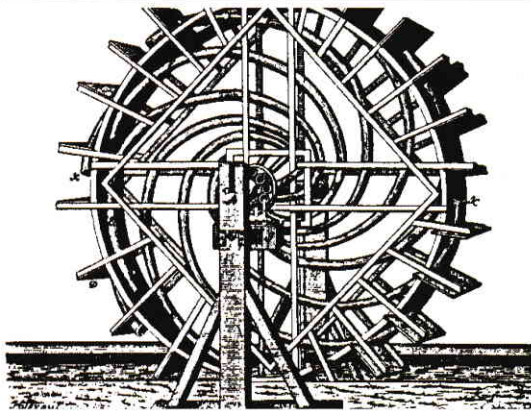
از این رو، پیشینیان ما خیلی زود به این فکر افتادند که ظروف گلی خویش را به شکل پیمانه درآورند. این اولین گام به سوی اختراع سطل بود. سپس، یک رشته سطل را به چرخ یا زنجیری متصل کردند. در این حال، از نیروی خود یا حیوانات اهلی برای به حرکت درآوردن سطل‌ها و بالا کشیدن آب استفاده می‌کردند. در حفاری‌های باستان‌شناسی چین و مصر، نمونه‌هایی از این زنجیرها یا چرخ‌های نقاله‌ی متعلق به حدود ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد، کشف شده‌اند. تصویر زیر بازسازی نمونه‌ای از چرخ آب کاسه‌ای در چین است. در اینجا، تعدادی کاسه‌ی گلی را به چرخ متصل کرده‌اند؛ آن‌ها در هنگام رسیدن به بالاترین نقطه آب را خالی می‌کنند.

تصویر چرخ آب کاسه‌ای در چین



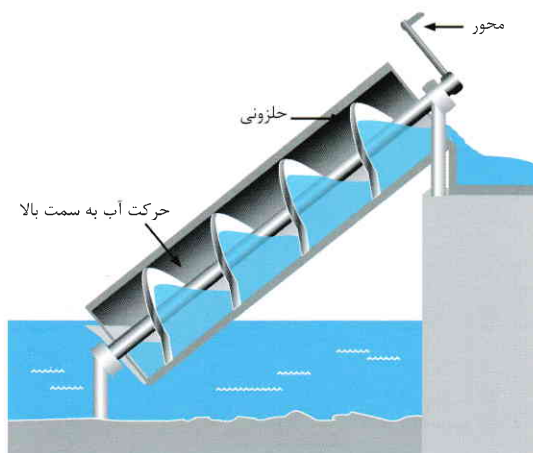
در سال ۱۷۲۴، یاکوب لئوپولد (۱۷۲۷-۱۶۷۴) با وارد کردن لوله‌های خمیده داخل چرخ، تغییر نبوغ‌آمیزی را در آن ایجاد کرد. گردش چرخ سبب می‌شد تا آب تا نیمه‌ی محور چرخ بالا بیاید. جریان آب رودخانه نیز چرخ را به گردش درمی‌آورد. نکته‌ی مهم و قابل‌توجه در این طرح شکل لوله‌های خمیده است. این لوله‌ها شباهت فراوانی به پروانه پمپ‌های گریز از مرکز امروزی دارند.

تصویر چرخ آب یاکوب لئوپولد



ارشمیدس (۲۱۲ - ۲۸۷ قبل از میلاد)، بزرگ‌ترین ریاضی‌دان و فیزیک‌دان عهد باستان، پیچی را ابداع کرد که بعدها در سال ۲۵۰ قبل از میلاد به نام او اسم‌گذاری شد. این وسیله آب را به کمک یک محور حلزونی‌شکل در درون لوله بالا می‌کشید؛ هرچند، بخشی از آب بالا آمده دوباره به پایین بازمی‌گشت، چون در آن زمان شیوه‌ی درستی برای آب‌بندی در اختیار نبود. در نتیجه‌ی این امر، رابطه‌ای میان شیب پیچ و میزان جریان آب کشف شد. و به کمک آن می‌شد یکی از دو گزینه‌ی آب‌دهی بیش‌تر یا هد خروجی بیش‌تر را انتخاب کرد. هرچه شیب پیچ بیش‌تر می‌بود، هد خروجی بیش‌تر می‌شد و در نتیجه میزان آب انتقالی کاهش می‌یافت.

تصویر پیچ ارشمیدس



به فصل مربوط به پروانه‌ها،
صفحه‌ی ۲۶ رجوع کنید.

در اینجا نیز عملکرد پیچ شباهت فراوانی را با پمپ‌های امروزی نشان می‌دهد. منحنی پمپ - که بدون شک در آن زمان مفهومی ناشناخته بود - همین رابطه را میان هد خروجی و میزان آب‌دهی نشان می‌دهد. اطلاعات به دست آمده از منابع تاریخی گوناگون نشان می‌دهند که این پمپ‌های پیچ‌وار در شیب میان ۳۷ تا ۴۵ درجه کار کرده و هدی بین ۲ تا ۶ متر و حداکثر جریانی به اندازه‌ی ۱۰ متر مکعب در ساعت را ایجاد می‌کردند.

دفع فاضلاب

منطقه‌ای سبب شد این چاه‌ها به شبکه‌ی فاضلاب مرکزی وصل شوند.

امروزه، تقریباً فاضلاب همه‌ی خانه‌ها به شبکه‌ی سراسری فاضلاب متصل است. در محله‌هایی که این امکان در آن‌ها وجود ندارد، از تجهیزات پمپاژ فاضلاب یا سیستم‌های تخلیه‌ی فاضلاب با فشار استفاده می‌شود.

فاضلاب خانگی و صنعتی به درون شبکه‌ی فاضلاب گسترده، حوضچه‌های نگهداری، کارخانه‌های تصفیه، و حوضچه‌های تصفیه وارد شده و در همین حال از نظر شیمیایی و زیست‌شناختی (بیولوژیکی) به طور کامل تصفیه می‌شوند. پس از تصفیه، آب دوباره به چرخه‌ی طبیعی خود باز می‌گردد.

بیش‌ترین انواع پمپ و سیستم‌های پمپاژ را در دفع فاضلاب



شاهدیم. در اینجا تنها به چند مثال اکتفاء می‌کنیم:

- پمپ‌های مستغرق
- پمپ‌های فاضلاب (با و بدون خردکن)
- پمپ کفش
- پمپ‌های هم‌زن

با آنکه تأمین آب از مهم‌ترین ضرورت‌های زندگی انسان است، پیدایش روش‌های دفع فاضلاب بعدها - و البته بسیار دیر هنگام - به وقوع پیوسته است.

هرجا سکونت‌گاه، شهرک یا شهری شکل می‌گرفت، فضولات، آلودگی‌ها و فاضلاب، خیابان‌ها، جاده‌ها و فضاهای باز را فرا می‌گرفت.

چنین چیزی، گذشته از بوی بد، سبب بروز بیماری‌ها و امراض و آلودگی می‌شد. در این وضعیت، حوزه‌های آبی آلوده می‌شدند و آب‌های زیرزمینی نیز دیگر قابل شرب نبودند.

اولین راه‌های دفع فاضلاب در فاصله‌ی ۳۰۰۰ تا ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد ساخته شدند. در زیر قصر مینوس در کنوسوس (در جزیره‌ی کرت) کانال‌های آجری با لوله‌های سفالی‌ای یافت شده‌اند که برای جمع‌آوری و دفع آب باران، آب حمام‌ها و فاضلاب به کار می‌آمده‌اند.

رومی‌ها مجراهای فاضلاب را در سطح خیابان‌ها و زیر آن‌ها بنا می‌کردند که مهم‌ترین و بزرگ‌ترین آن‌ها به نام کلوفاکا ماکسیمیا بوده است و بخش‌هایی از آن به گونه‌ای شگفت‌انگیز حتی تا به امروز نیز حفظ شده است. از محل این مجرا آب به رودخانه‌ی تیبر ریخته می‌شد (شهر کلن در آلمان نیز دارای تونل‌های زیرزمینی‌ای است که به سبک تونل‌های رومی ساخته شده‌اند و حتی می‌توان در آن‌ها راه رفت).

از آنجایی که هیچ شیوه‌ی دیگری در طی هزارها سال ارائه نگردید، دفع فاضلاب و ریختن آن در چشمه‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دریاها حتی تا سده‌ی نوزدهم ادامه پیدا کرد. روند صنعتی شدن و رشد شهرها، ضرورت دفع فاضلاب را بیش از پیش حیاتی ساخت.

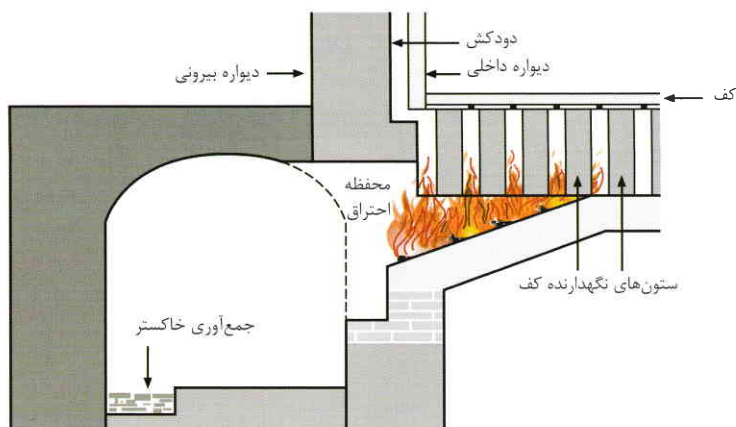
اولین شبکه‌ی مرکزی دفع و تصفیه‌ی فاضلاب در آلمان در



شهر هامبورگ و در سال ۱۸۵۶ شکل گرفت. تا دهه‌ی ۹۰ در همان قرن سیستم فاضلاب خانگی در آلمان شامل چاه‌های سِپتیک فاضلاب می‌شد. بعدها ضوابط قانونی و شرایط

فن آوری گرمایش

تصویر سیستم گرمایشی هیپوکاست متعلق به روم باستان



سیستم گرمایشی گرانشی

پیشرفت دیگر در این عرصه سیستم گرمایشی گرانشی بود. تجربه نشان می‌داد برای آنکه بتوان دمای اتاق را به ۲۰ درجه‌ی سانتیگراد رسانید، آب باید تا حدود ۹۰ درجه‌ی حرارت ببیند، که کمی پایین‌تر از نقطه‌ی جوش آن است. آب گرم در این شیوه از طریق لوله‌هایی با قطر زیاد به بالا هدایت می‌شود و زمانی که گرمای خود را به محیط داد (و سرد شد)، به خاطر نیروی گرانش دوباره به محل دیگ بازمی‌گردد.

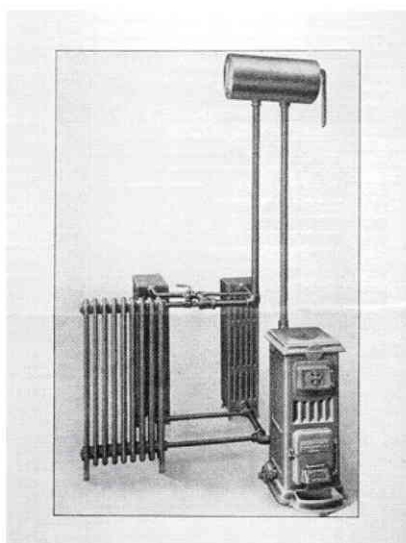
سیستم‌های گرمایشی هیپوکاست

بقایای سیستم گرمایشی که در دوران روم باستان هیپوکاست خوانده می‌شد در آلمان پیدا شده است که گونه‌ای گرمادهی از کف بوده است. دود و هوای داغ برخاسته از آتش، از طریق اتاقک‌های خاصی به زیر کف انتقال می‌یافت و آن را گرم می‌کرد. سپس دود حاصل از طریق دودکش به بیرون هدایت می‌شد.

در قرون بعدی در قلعه‌ها و دژها، دودکش‌هایی که مستقیماً به محل آتش راه می‌یافتند، به شکل کاملاً عمودی ساخته نمی‌شدند بلکه گازهای داغ ابتدا توسط کانال‌هایی، از اطراف محل خانه عبور داده می‌شدند که یکی از اولین سیستم‌های گرمایش مرکزی بوده است. ابداع دیگر در این زمینه استفاده از روشی بود که در آن از اتاقک‌های سنگی محصور در زیرزمین بهره می‌گرفتند. در این اتاقک‌ها آتش هوای تازه را داغ می‌کرد، هوایی که سپس مستقیماً به اتاق‌های محل سکونت هدایت می‌شد.

سیستم گرمایشی با بخار

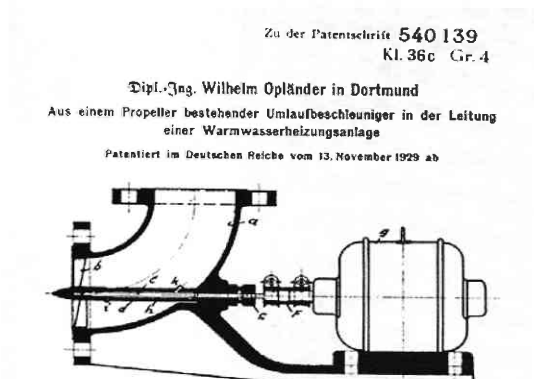
سیستم‌های گرمایشی به کمک بخار، محصول فرعی موتورهای بخار بودند که در نیمه‌ی سده‌ی هجدهم کاربردی فراگیر یافتند. بخار باقی‌مانده از عملکرد موتور که به مایع تبدیل شده بود به وسیله‌ی مبدل حرارتی به محل‌های سکونت و کار هدایت می‌شد. این فکر نیز به میان آمد که از انرژی بخاربازمانده از عملکرد موتور برای به حرکت درآوردن توربین‌ها بهره گیرند.



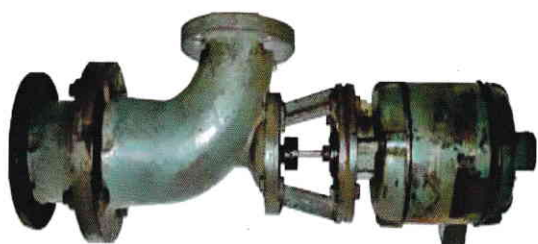
سیستم گرمایشی گرانشی،
 همراه با بویلر، منبع انبساط
 و رادیاتور

اولین پمپ سیرکولاتور

تنها پس از اختراع موتور الکتریکی بسته (canned) توسط گوتلیب باکنشت، مهندس اهل سوایا بود که استفاده از چنین موتوری برای سرعت دادن به گردش آب ممکن گردید. ویلهلم اوپلندر، که دوست او و مهندسی اهل وستفالن بود، طرح این موتور را تکمیل کرد و توانست در ۱۹۲۹ آن را به ثبت رساند.

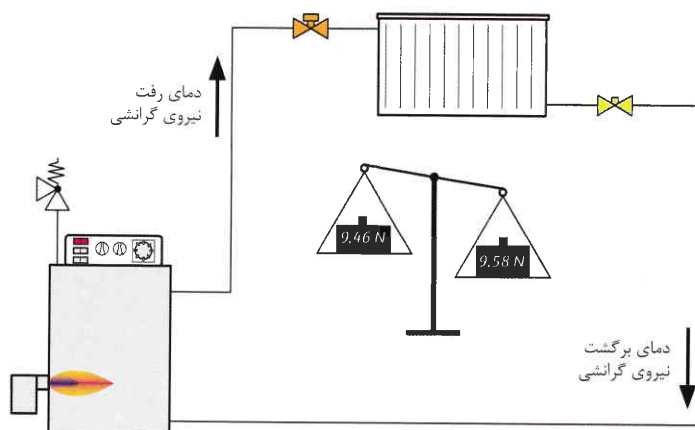


در داخل زانویی، چرخشی به شکل پروانه روی محوری کاملاً آب‌بندی شده کار گذاشته می‌شد و این محور به موتور الکتریکی متصل شده بود. با این حال، تا آن زمان هیچ‌کس هنوز به فکر نیافتاده بود که این سرعت‌دهنده‌ی آب را پمپ بنامد و سال‌ها بعد استفاده از این نام باب شد. این شتاب‌دهنده‌های گردش آب تا حدود سال ۱۹۵۵ ساخته می‌شدند، و استفاده از آن‌ها باعث می‌شد تا دمای آب در سیستم‌های گرمایشی پایین‌تر نیز بیاید. امروزه، ما با طیف گسترده‌ای از سیستم‌های گرمایشی سروکار داریم که انواع مدرن آن با آب در دماهای بسیار پایین کار می‌کند. این فن‌آوری بی‌شک بدون قلب سیستم گرمایشی-که همان پمپ سیرکولاتور آب گرم باشد - ممکن نمی‌شد.

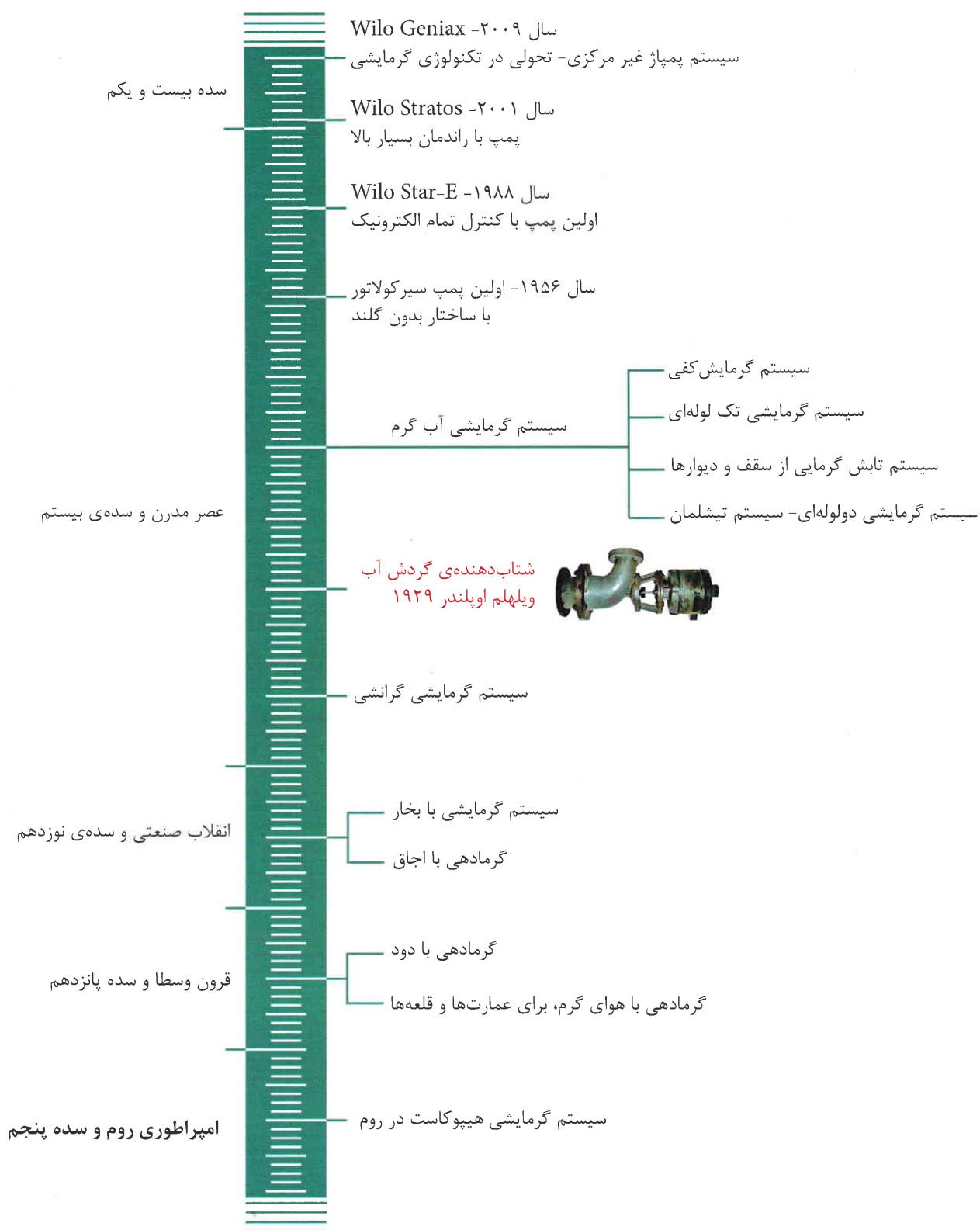


اولین پمپ سیرکولاتور آب گرم، «پمپ زانویی»
مدل HP type DN 67/0.25kW
سال ۱۹۲۹

نمودار سیستم گرمایشی گرانشی



اختلاف در نیروی گرانشی باعث بالا رفتن آب گرم و پایین آمدن آب سرد می‌شود. در ابتدای سده بیستم، به دلیل آن‌که سیستم‌های گرانشی گردش آب به‌کندی کار می‌کردند، این فکر پدید آمد که باید در لوله‌های سیستم گرمایشی از «شتاب‌دهنده‌ی گردش آب» استفاده شود. موتورهای الکتریکی آن‌زمان مناسب استفاده به عنوان عامل رانش نبودند و کاربرد آن‌ها می‌توانست به حوادث عمده‌ای در سیستم‌های گرمایشی منتهی بر آب بیانجامد.



آتش به عنوان نخستین عامل گرمایش

سیستم‌های پمپاژ

سیستم باز پمپاژ آب

نمودار سمت راست اجزاء سیستم پمپاژی را نشان می‌دهد که در آن سیال از مخزنی در ارتفاع پایین به مخزنی دیگر در ارتفاع بالاتر انتقال می‌یابد.

در اینجا، تنها کافی نیست که هد پمپ بر طبق ارتفاع خروجی تنظیم شود. زیرا باید فشار آب در آخرین شیر، مثلاً در شیر دوشی در بالاترین طبقه‌ی یک هتل، کافی باشد. به علاوه، باید میزان افت فشار بر اثر اصطکاک را هم که در خطوط لوله‌ی بالارونده پدید می‌آید در نظر گرفت.

هد خروجی پمپ =

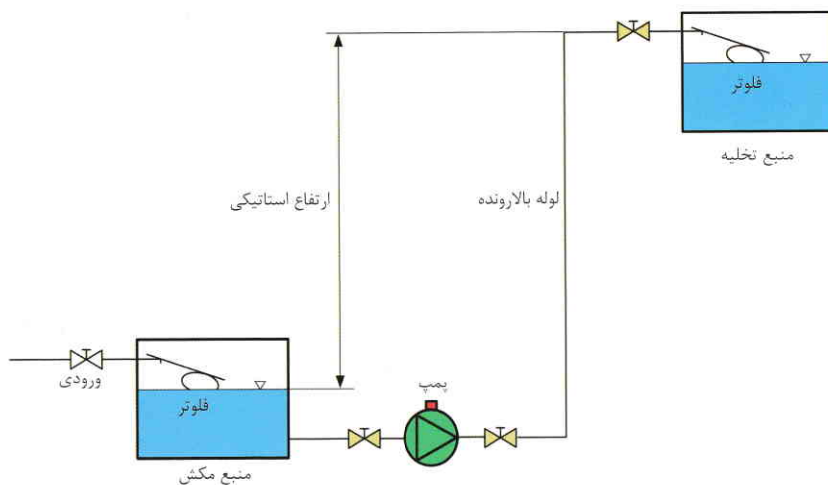
ارتفاع/استاتیکی + فشار آب مورد نیاز پشت شیر + افت فشار مسیر

بخش‌های خطوط لوله باید به نحوی ساخته شوند که بتوان به کمک شیرهای قطع و وصل آن‌ها را مسدود کرده و تعمیر کرد. این امر در مورد پمپ‌ها نیز ضرورت دارد، زیرا در غیر این صورت لازم است برای تعمیر یا تعویض پمپ ابتدا آب فراوانی از درون خطوط لوله‌های بالارونده تخلیه شود.

همچنین، لازم است در مخزن ورودی پایینی یا در مخزن بالایی از فلوتر (float valve) یا سایر وسایل کنترل‌کننده برای جلوگیری از سرریز شدن آب استفاده شود.

گذشته از این‌ها، باید در محلی مناسب در خطوط لوله‌ی بالارونده از یک سوئیچ فشار استفاده شود تا در زمانی که همه‌ی شیرها بسته‌اند و فشار در سیستم بالا رفته پمپ را خاموش کند.

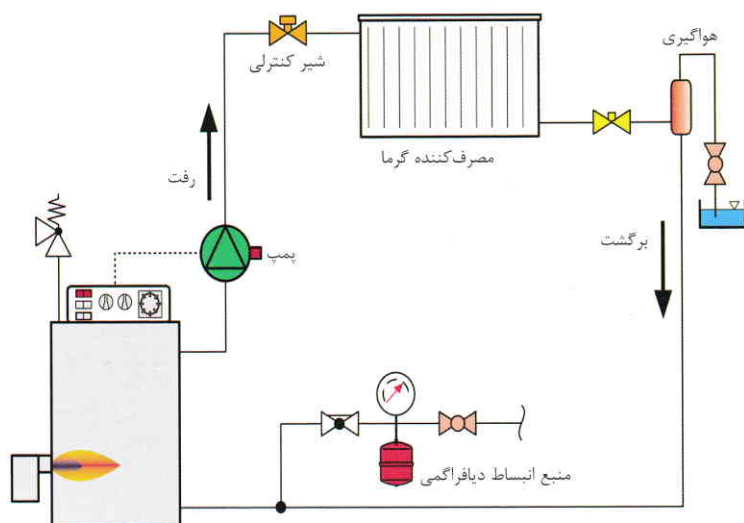
نمودار سیستمی برای پمپاژ آب به ارتفاع بالاتر



به فصل مربوط به «تنظیم پمپ»
بر طبق نیاز به گرما» در صفحه‌ی
۳۹ رجوع کنید.

سیستم بسته گرمایشی

نمودار یک نمونه سیستم گردش آب گرمایشی



هستند که در رادیاتور اتاق‌ها نصب می‌شوند تا دمای اتاق را ثابت نگه‌دارند. این روزها، نمونه‌های پیشرفته‌ای از وسایل کنترل‌کننده مکانیکی، الکتریکی و الکترونیکی در دیگ‌ها، شیرهای مخلوط و البته پمپ‌ها استفاده می‌شود.

در سمت چپ تصویری از تفاوت‌های میان یک سیستم گرمایشی و یک سیستم پمپاژ آب را شاهدیم.

در حالی که یک سیستم پمپاژ سیستمی است با خروجی‌باز (مثلاً شیر آب)، سیستم گرمایشی سیستمی است بسته. برای فهم بهتر این اصل، تنها کافی است به یاد داشته باشیم که آب گرم در این حال تنها در لوله‌ها حرکت کرده و می‌چرخد.

سیستم گرمایشی را می‌توان شامل این اجزاء دانست:

- مولد گرما
- سیستم انتقال و توزیع گرما
- منبع انبساط دیافراگمی برای حفظ و کنترل فشار آب
- مصرف‌کننده‌ها
- بازگشت
- شیر اطمینان

مغشود از مولد گرما در اینجا منابعی است نظیر دیگ که نفت یا سوخت جامد استفاده می‌کنند و همچنین هیترهایی که برای گرمایش آب به کار می‌آیند. این‌ها شامل سیستم‌های الکتریکی گرمایشی ذخیره‌ای هم می‌شوند که خود به کمک آب گرمکن مرکزی، ایستگاه‌های گرمایش منطقه‌ای و پمپ‌های گرمایشی کار می‌کنند.

سیستم انتقال و توزیع گرما شامل خطوط لوله، ایستگاه‌های جمع‌آوری و توزیع و البته پمپ‌های سیرکولاتور می‌شود. پمپ‌ها در یک سیستم گرمایشی تنها به منظور غلبه بر مقاومت کل سیستم به کار می‌آیند. در اینجا، ارتفاع ساختمان مد نظر قرار نمی‌گیرد، زیرا آبی که پمپ به درون خطوط می‌فرستد مجدداً در خطوط برگشتی به دیگ بازمی‌گردد.

کار منبع انبساط، جبران تغییر حجم آب در سیستم گرمایشی درحاضر تغییر دمای آب است بدون آنکه بر فشار آب تأثیری بخورد.

مصرف‌کننده‌ها سطوحی در اتاق‌ها هستند که باید توسط سیستم گرم شوند (برای مثال، رادیاتورها، رادیاتور پنلی، فن‌کوئل و غیره). انرژی گرمایی به دلیل اختلاف دما جریان می‌یابد و هرچه اختلاف دما بیشتر باشد سرعت جریان بیشتر خواهد بود. این انتقال به کمک سه فرآیند فیزیکی صورت می‌پذیرد:

- هدایت گرمایی
- همرفت (جاب‌جایی گرمایی)
- تابش گرمایی

ضرورت هیچ مشکلی را در یک سیستم گرمایشی نمی‌توان بدون ابزار کنترل مناسب حل کرد. از این رو، طبیعی است که وسایل کنترل‌کننده بخشی همیشگی از سیستم گرمایشی باشند. ساده‌ترین این وسایل شیرهای ترموستاتیک

مهم: ارتفاع ساختمان مد نظر قرار نمی‌گیرد، زیرا آبی که پمپ به درون خطوط ورودی می‌فرستد در خطوط برگشتی به دیگ بازمی‌گردد.

به فصل مربوط به «طراحی اولیه‌ی پمپ برای سیستم‌های گرمایشی استاندارد» در صفحه‌ی ۴۵ رجوع کنید

آب به عنوان وسیله‌ی انتقال گرما

در سیستم‌های گرمایشی مرکزی که به کمک آب گرم کار می‌کنند، آب وسیله‌ای است که گرما را از دیگ به مصرف‌کننده انتقال می‌دهد.



مهم‌ترین خواص آب عبارتند از:

- ظرفیت گرمایی بالا
- افزایش حجم، چه در گرما و چه در سرما
- کاهش دانسیته با افزایش و کاهش حجم
- ویژگی‌های به جوش آمدن تحت فشار بیرونی

در ادامه به بحث در مورد این خواص فیزیکی می‌پردازیم.

ظرفیت گرمایی ویژه

یکی از ویژگی‌های هر سیال انتقال‌دهنده‌ی گرما، ظرفیت گرمایی آن است. وقتی برای بیان آن از جرم و اختلاف دما در ماده استفاده شود، ظرفیت گرمایی ویژه مطرح می‌شود. علامت آن در فیزیک c و واحد اندازه‌گیری آن نیز $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ است.

ظرفیت گرمایی ویژه میزانی از گرما است که اگر به یک کیلوگرم از ماده‌ی موردنظر (مثلاً آب) داده شود دمای آن را یک درجه‌ی سانتیگراد بالا می‌برد. به عکس، ماده‌ی موردنظر همین میزان انرژی گرمایی را در زمان خنک شدن از دست می‌دهد.

میزان ظرفیت گرمایی ویژه‌ی میانگین برای آب در فاصله‌ی دماهای ۰ تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتیگراد عبارت است از:

$$C = 1.16 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \text{ یا } C = 4.19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

میزان گرمایی که جذب شده یا دفع می‌شود (Q) برحسب kJ برابر حاصل ضرب جرم ضربدر ظرفیت گرمایی ویژه‌ی (c) و اختلاف دمای ($\Delta\theta$) است که با K بیان می‌شود. این اختلاف تفاوت دمای رفت و برگشت در سیستم گرمایشی است. رابطه‌ی میزان گرما به این شکل است:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$m = V \cdot \rho$$

$$V = \text{حجم آب به متر مکعب}$$

$$\rho = \text{چگالی به کیلوگرم بر متر مکعب}$$

جرم m برابر است با حجم آب، به متر مکعب، ضربدر چگالی آب ρ . به کیلوگرم بر مترمکعب. بنابراین، فرمول فوق را می‌توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_v - \theta_R)$$

درست است که چگالی آب با دمای آن تغییر می‌کند. با این همه، برای ساده‌تر شدن محاسبات، میزان چگالی را در بازه‌ی ۴ تا ۹۰ درجه‌ی سانتیگراد یک کیلوگرم بر دسی‌مترمکعب (۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب) در نظر می‌گیرند.

اصطلاحات فیزیکی «انرژی»، «کار» و «میزان گرما» در اینجا با یکدیگر هم‌معنا هستند. از فرمول زیر نیز برای تبدیل ژول به سایر واحدهای مجاز استفاده می‌شود:

$$1 \text{ MJ} = 0.278 \text{ kWh} \text{ یا } 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$$

مهم: به یاد داشته باشید ظرفیت گرمایی ویژه میزانی از گرما است که اگر به یک کیلوگرم از ماده‌ی موردنظر (مثلاً آب) وارد شود دمای آن را یک درجه‌ی سانتیگراد بالا می‌برد. به عکس، ماده‌ی موردنظر همین میزان انرژی گرمایی را در زمان خنک شدن از دست می‌دهد.

افزایش و کاهش حجم

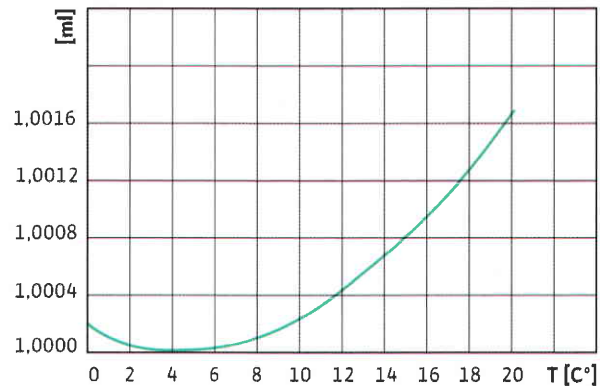
آب هنگامی که به دماهای زیر ۴ درجه نیز برسد باز منبسط می‌شود. این بی‌قاعدگی آب علت اصلی یخ‌زدن سطح رودخانه‌ها و دریاچه‌ها است و درست به همین دلیل است که یخ‌پاره‌ها می‌توانند در سطح آب به جریان درآیند و در آفتاب بهاری کاملاً ذوب شوند. چنین چیزی اگر یخ به دلیل سنگین‌تر بودن به زیر آب فرومی‌رفت، ممکن نبود.

با این همه، این شکل از انبساط آب می‌تواند خطرآفرین باشد. برای مثال آب موجود در موتور اتومبیل‌ها و لوله‌های آب در صورت یخ‌زدن باعث ترکیده‌گی می‌شوند. برای ممانعت از این امر باید به آب، محلول‌های ضدیخ اضافه شوند. در سیستم‌های گرمایشی، در این مواقع غالباً از گلیکول استفاده می‌کنند؛ برای اطلاع از نسبت گلیکول مصرفی به راهنمای تولیدکنندگان آن رجوع کنید.

تمام مواد روی کروی زمین به هنگام گرم شدن منبسط شده و در صورت سرد شدن منقبض می‌گردند. تنها استثناء این مورد آب است. این ویژگی را بی‌قاعدگی آب می‌خوانند. آب بیش‌ترین حد از چگالی را در ۴ درجه‌ی سانتیگراد دارد، که در آن:

$$1\text{dm}^3 = 1\text{ Lit} = 1\text{ kg}$$

نمودار تغییر حجم آب



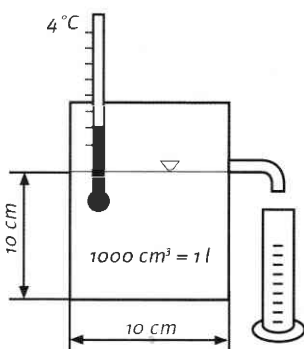
نمودار تغییر حجم آب
بالاترین چگالی در
۴ درجه‌ی سانتیگراد
(1000 kg/m^3)

اگر آبی را که در این دما قرار دارد گرما دهیم یا سرد کنیم، حجم آن افزایش می‌یابد و این به آن معنا است که چگالی کاهش یافته و در این حال به شکل ویژه‌ای سبک‌تر می‌شود. این وضعیت را می‌توانیم به‌خوبی در مخزنی ببینیم که دارای لوله سرریز مدرج شده است.

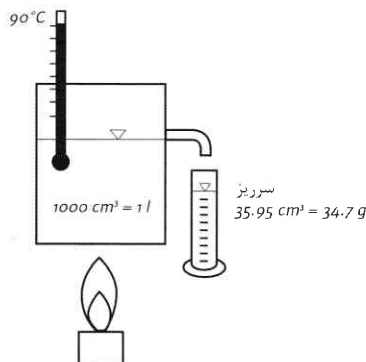
فرض کنید در مخزن مورد بحث دقیقاً ۱۰۰۰ سانتی‌متر مکعب آب در دمای ۴ درجه موجود باشد. اگر آب درون مخزن گرم شود بخشی از آن درون لوله بالا رفته و سرریز می‌شود. اگر برای نمونه آن را تا ۹۰ درجه حرارت دهیم دقیقاً ۳۵٫۹۵ سانتی‌متر مکعب، که معادل ۳۴٫۷ گرم است، درون لوله سرریز جمع می‌شود.

مخزن آب، دارای ۱۰۰۰ سانتی‌متر مکعب،
یا ۱۰۰۰ گرم آب در ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد

۱۰۰۰ سانتی‌متر مکعب آب در ۹۰ درجه‌ی سانتی‌گراد = ۹۶۵٫۳ گرم

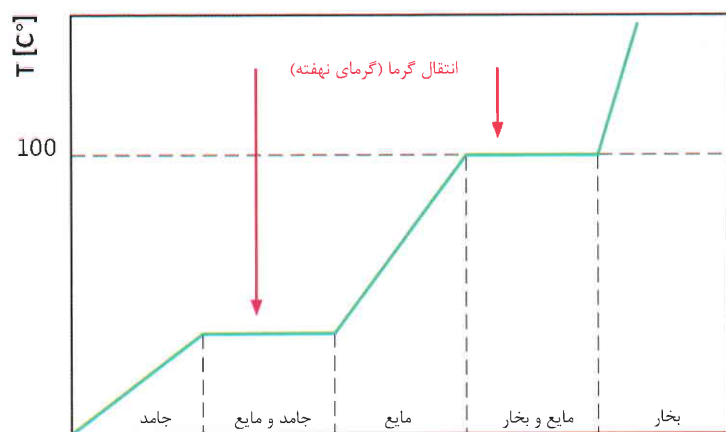


زمانی که آب گرم یا سرد شود
چگالی‌اش پایین می‌آید و حجمش
افزایش می‌یابد.



ویژگی‌های به جوش آمدن آب

نمودار تغییر حالت کلی آب بر اثر افزایش دما



گرما

اگر به افزایش دمای آب بیش‌تر از ۹۰ درجه ادامه دهیم، ظرف در باز در دمای ۱۰۰ درجه به جوش خواهد آمد. دمای آب در حال جوشیدن در ۱۰۰ درجه ثابت می‌ماند، تا زمانی که آخرین قطره‌ی آن به بخار شود. بنابراین، می‌توان گفت که میزان گرما در این حال تنها صرف تبخیر آب و تغییر حالت کلی آن شده است. این انرژی را، انرژی نهفته (پنهان) می‌نامند. اگر در این حال باز هم به بخار آب گرما دهیم، دمای آن دوباره افزایش می‌یابد.

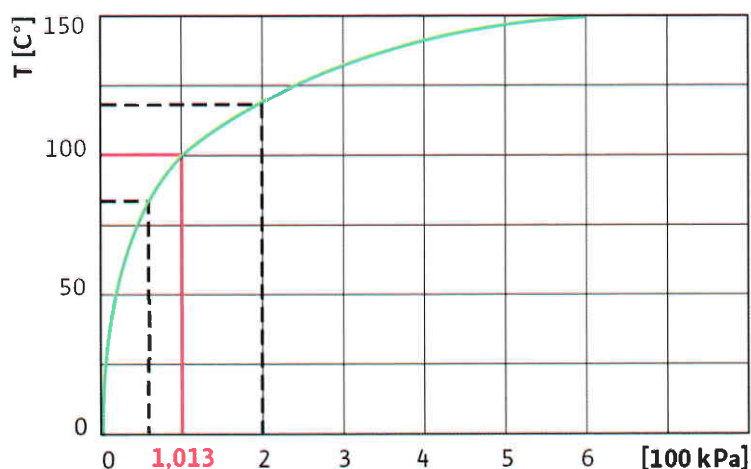
برای شرایطی که ذکر کردیم باید فشار هوا در سطح آب، در حد معمول خود 101.3 kPa باشد. در هر فشار دیگری، نقطه‌ی جوش متفاوت از ۱۰۰ درجه خواهد بود.

اگر می‌خواستیم این آزمایش را در ارتفاع ۳۰۰۰ متری انجام دهیم می‌دیدیم که آب در همان دمای ۹۰ درجه به جوش می‌آید. علت این امر آن است که فشار هوا در ارتفاعات بالاتر کم می‌شود.

هرچه فشار هوا در سطح آب کم‌تر شود، دمای جوش آب نیز پایین‌تر می‌آید. به‌عکس، دمای جوش را می‌توان با افزایش فشار هوا بر سطح آب بالا برد. این اصل، برای مثال، در زودپزها کاربرد دارد.

سیستم‌های گرمایشی عمداً تحت فشار قرار می‌گیرند تا مانع از تشکیل حباب‌های گاز در آن‌ها شوند. و همچنین، نمی‌گذارند هوا از بیرون وارد لوله‌کشی آب شود.

نمودار نقطه‌ی جوش آب به عنوان تابعی از فشار



فشار

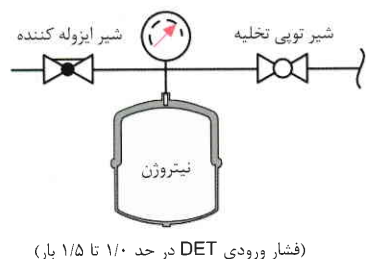
انبساط آب گرم و محافظت در برابر افزایش فشار

البته ملاحظات فوق این واقعیت که پمپ گردش آب گرم، خودنیز فشار سیستم را بالاتر می برد نادیده گرفته است. لازم است همواره ارتباط حداکثر دمای آب، نوع پمپ، ابعاد منبع انبساط دیافراگمی و نقطه‌ی عملکرد شیر اطمینان به دقت مدنظر قرار گیرد. انتخاب اجزاء سیستم بدون نقشه و دلیل — یا براساس قیمت خرید — هرگز انتخاب درستی نیست.

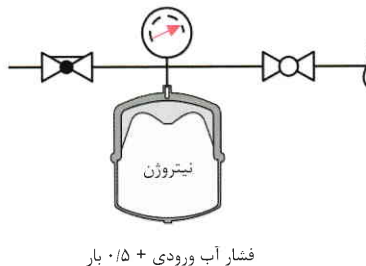
منبع در هنگام خرید حاوی نیتروژن است. فشار منبع انبساط دیافراگمی باید با توجه به شرایط سیستم تنظیم شود. آب منبسط شده درون سیستم وارد منبع می شود و به کمک یک دیافراگم، توده‌ی گاز را متراکم می کند. گازها را می توان فشرده ساخت، ولی مایعات را نمی توان.

جبران تغییر حجم آب در یک سیستم گرمایشی

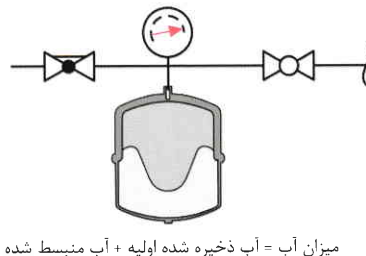
وضعیت DET در هنگام نصب



سیستم پر از آب در حالت سرد

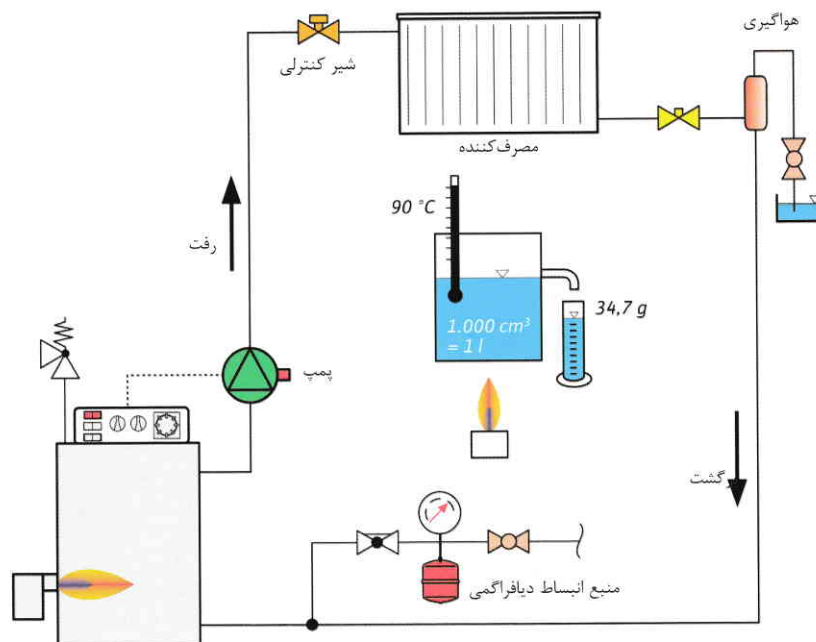


سیستم در حداکثر دمای ورودی



در سیستم‌های گرمایشی‌ای که از آب برای گرمادهی بهره می گیرند دمای ورودی آب حداکثر ۹۰ درجه است. آب معمولاً در مخزن ذخیره اولیه دمایی در حد ۱۵ درجه دارد و سپس به سبب گرم شدن منبسط می شود. این افزایش حجم نباید باعث ایجاد فشار اضافی یا نشتی آب شود.

نمودار یک سیستم گرمایشی همراه با شیر اطمینان



هنگامی که دیگر را در فصل تابستان خاموش می کنند، آب به حجم اولیه اش بازمی گردد. به همین دلیل، به یک مخزن بزرگ برای جمع آوری آب منبسط شده نیاز است. در سیستم‌های گرمایشی قدیمی از منبع‌های انبساط باز بهره می بردند که معمولاً بالاتر از مرتفع ترین لوله ها در سیستم نصب می شد. وقتی دمای دیگر بالا می رود باعث می شود که آب منبسط شود، سطح آب در منبع انبساط مزبور نیز بالاتر می رود و به همین ترتیب، زمانی که دمای سیستم پایین می آید سطح آب نیز افت می کند.

در سیستم‌های گرمایشی امروزی از منبع انبساط دیافراگمی (DET) استفاده می کنند.

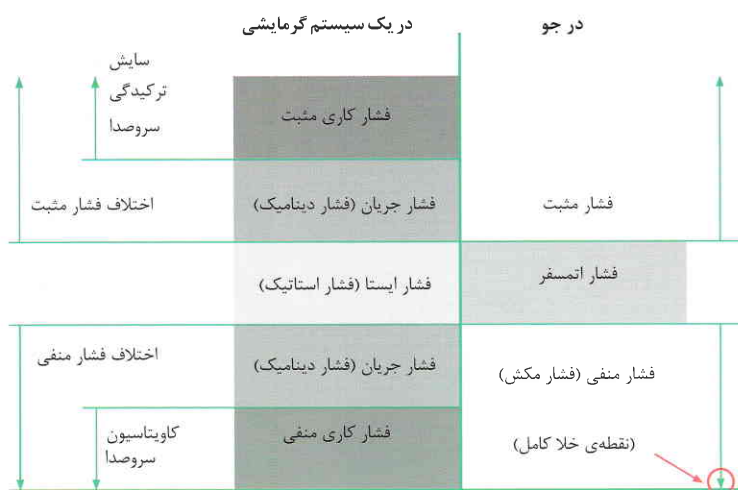
در این روش همواره باید مواظب بود که هنگام بالا رفتن فشار سیستم، لوله ها و بقیه‌ی اجزاء بیش از حد مجاز تحت فشار قرار نگیرند. از این رو، الزامی است که این گونه سیستم‌ها به یک شیر اطمینان مجهز شوند.

زمانی که فشار اضافه در سیستم بوجود می آید، باید شیر اطمینان باز شده و آب اضافی‌ای را که در منبع انبساط دیافراگمی جا نمی شود، بیرون براند. هرچند، در سیستمی که به درستی طراحی شده و نگهداری می شود این امر نباید هرگز اتفاق بیافتد.

باید به یاد داشت: زمانی که فشار اضافی در سیستم وجود دارد، شیر اطمینان باید باز شود و آب اضافی رابه بیرون بفرستد.

فشار

نمودار فشار سیستم، افزایش فشار



تعریف فشار

منظور از فشار در اینجا فشار استاتیک اندازه‌گیری‌شده‌ی سیال یا گاز در درون خطوط لوله یا مخازن تحت فشار است که نسبت به فشار اتمسفر (با واحد پاسکال، میلی‌بار، بار) سنجیده می‌شود.

فشار ایستا

فشار استاتیک زمانی است که هیچ جریانی در سیال وجود ندارد.

فشار استاتیک = ارتفاع از سطح اندازه‌گیری فشار + فشار ورودی منبع انبساط دیافراگمی

فشار جریان

فشار دینامیک زمانی است که سیالی جریان دارد.

فشار جریان = فشار دینامیک منهای افت فشار

فشار پمپ

فشار تولیدشده در دهانه خروجی پمپ گریز از مرکز هنگام کار کردن است. بسته به نوع سیستم، این فشار می‌تواند با اختلاف فشار متفاوت باشد.

اختلاف فشار

فشار تولیدشده توسط پمپ گریز از مرکز برای غلبه بر مقاومت سیستم است. این فشار بین دو بخش خروجی و ورودی در پمپ مذکور اندازه‌گیری می‌شود. به دلیل افت فشار ناشی از تلفات در خطوط لوله، دیگ و مصرف‌کننده‌ها، مقدار فشار در هر نقطه از سیستم فرق می‌کند.

فشار کاری

فشاری که در زمان عملکرد در سیستم یا بخشی از آن وجود دارد یا می‌تواند وجود داشته باشد.

فشار کاری مجاز

حداکثر فشار کاری که به دلیل محافظت از سیستم تعیین می‌شود.

کاویتاسیون

سیال ممانعت کرده و آن را در حالت مایع نگاه دارد. عواملی از پمپ که بر NPSH تأثیر می‌گذارند نوع پروانه و سرعت پمپ هستند. عوامل محیطی که بر آن تأثیر دارند دمای سیال و فشار اتمسفر هستند.

ممانعت از کاویتاسیون

برای جلوگیری از کاویتاسیون، سیال پمپ‌شونده باید با هد مشخصی به پمپ گریز از مرکز وارد شود. حداقل هد ورودی در اینجا به دمای سیال پمپ‌شونده بستگی دارد. سایر راه‌های ممانعت از کاویتاسیون شامل این موارد هستند:

- افزایش فشار استاتیک
- کاهش دمای سیال (کاهش فشار بخار)
- انتخاب پمپی با NPSH مورد نیاز کمتر

کاویتاسیون بنا به تعریف، شکل‌گیری و ترکیدن حباب‌هایی است که در نتیجه‌ی ایجاد فشار موضعی منفی و تبخیر سیال در ورودی پروانه پدید می‌آید. این امر باعث کاهش هد خروجی و بازده شده و سبب می‌شود در سیستم جریانی ناپایدار و پرسروصدا ایجاد شود و به اجزای درون پمپ نیز آسیب وارد آید.

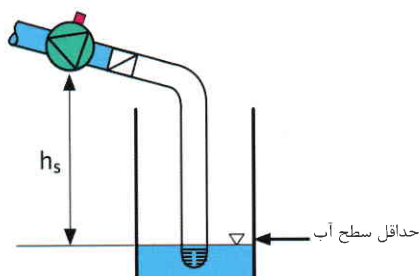
به دلیل انبساط و ترکیدن حباب‌ها، در محل‌های پرفشار (برای مثال، در قسمت‌های خروجی پروانه)، انفجارهای بسیار کوچکی ایجاد می‌گردند که باعث آسیب و خرابی‌هایی در سیستم هیدرولیک می‌شوند. اولین نشانه‌های این امر سروصدا و آسیب وارده به پروانه است.

یکی از مقادیر بسیار بااهمیت برای هر پمپ گریز از مرکز، NPSH (ارتفاع مکش مثبت خالص) است. این مقدار نشان‌گر حداقل فشار ورودی لازم در پمپ است تا کاویتاسیون اتفاق نیفتد. یعنی همان فشار اضافه‌ای که لازم است تا از تبخیر

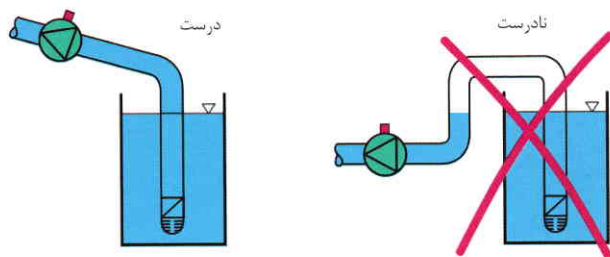
طراحی پمپ‌های گریز از مرکز

در لوله‌کشی و صنایع HVAC، پمپ‌های گریز از مرکز (سانتریفوژ) بیش‌ترین استفاده‌ها را دارند. از ویژگی‌های بارز آن‌ها نوع طراحی و نحوه‌ی تبدیل انرژی در آن‌ها است.

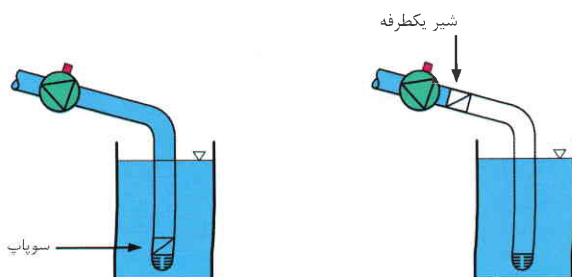
ارتفاع مکش پمپ



موقعیت خط مکش



عملیات مکش



نصب همراه با سوپاپ
یا شیر یکطرفه

پمپ‌های غیرخودمکش توانایی هواگیری خط مکش پمپ را ندارند. زمانی که از این پمپ‌ها استفاده می‌کنیم، پمپ و خط مکش باید همیشه پر از آب باشند. اگر از برخی منافذ نظیر آب بند شیر فلکه در مکش، هوا وارد پمپ شود، باید پمپ و خط مکش را دوباره پر از آب کرد.

پمپ‌های خودمکش (Self Prime) و غیر خودمکش (Non Self Prime)

یک پمپ خودمکش می‌تواند مسیر مکش را پر کند، به بیان دیگر خط مکش را هواگیری کند. این پمپ‌ها ممکن است لازم باشد در حین راه‌اندازی چندین بار پر شوند. از لحاظ نظری حداکثر ارتفاع مکش برابر با ۱۰/۳۳ متر است که به میزان فشار هوا بستگی دارد.

به دلایل فنی، حداکثر ارتفاع مکش (h_s) نمی‌تواند از ۷ یا ۸ متر تجاوز کند. این مقدار نه تنها شامل اختلاف ارتفاع بین سطح آب و دهانه‌ی مکش پمپ می‌شود، بلکه تلفات ناشی از مقاومت در خطوط لوله مکش پمپ و اتصالات مربوطه را نیز دربرمی‌گیرد.

هنگامی که پمپی را طراحی می‌کنید باید ارتفاع مکش (h_s) را با علامت منفی در هدر خروجی در نظر بگیرید. همچنین لوله‌ی خط مکش نیز باید دست‌کم دارای همان قطر دهانه‌ی مکش پمپ باشد، یا حتی می‌تواند در صورت امکان یک سایز از آن بزرگ‌تر باشد و طول آن هم باید حتی‌الامکان کوتاه بماند.

خطوط مکش طولانی باعث افزایش مقاومت ناشی از اصطکاک می‌شوند، که برای قدرت مکش نامطلوب است.

خط مکش باید شیب ملایمی رو به بالا به طرف پمپ داشته باشد. اگر از شیلنگ برای این کار استفاده می‌کنیم، شیلنگ‌های فنری به دلیل استحکام و مقاومت‌شان در برابر کشش برای این کار مناسب‌ترند. نشستی در خط مکش پمپ باعث عملکرد نادرست پمپ می‌شود.

به هنگام مکش منفی، استفاده از یک سوپاپ ناگزیر است تا مانع از خالی شدن پمپ و خط مکش شود. اگر سوپاپ به صافی مجهز باشد می‌تواند از راه‌یابی ناخالصی‌های درشت چون شاخ و برگ، چوب، سنگ و غیره به پمپ ممانعت کند. اگر نمی‌توان از یک سوپاپ برای خط مکش استفاده کرد، باید یک شیر یکطرفه را در مقابل ورودی پمپ نصب کرد.

عملکرد پمپ‌های گریز از مرکز

پمپ برای انتقال سیالات و غلبه بر مقاومت مسیر لوله‌کشی، عاملی ضروری است. در سیستم‌هایی که منبع مکش و رانش در ارتفاع متفاوتی قرار می‌گیرند، از پمپ برای جبران تفاوت ارتفاع نیز استفاده می‌شود.

پمپ‌های گریز از مرکز به دلیل طراحی و نحوه‌ی تبدیل انرژی در آن‌ها، در اصل، موتورهایی برای جریان سیال به حساب می‌آیند. با آن که میان انواع این پمپ‌ها تفاوت‌هایی وجود دارد، یک وجه مشترک میان همه‌ی آن‌ها این است که سیال همواره در راستای محوری وارد پروانه می‌شود.

موتور الکتریکی شفتی را به حرکت درمی‌آورد که در انتهای آن، پروانه‌کار گذاشته شده است. آبی که در راستای محور وارد پروانه می‌شود به کمک تیغه‌های پروانه حرکتی شعاعی پیدا می‌کند. نیروی گریز از مرکزی که در زمان گردش سیال روی سطح پره‌ها، بر هر ذره از سیال وارد می‌شود باعث می‌شود فشار و سرعت آن، هر دو افزایش یابد.

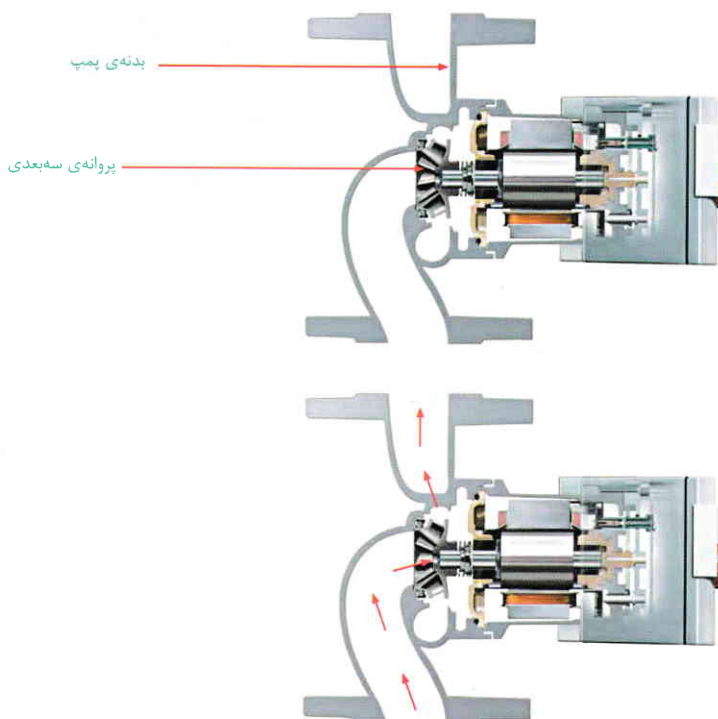
وقتی سیال از پروانه خارج گردید در پوسته‌ی حلزونی جمع می‌شود. پوسته‌ی حلزونی باعث می‌شود سرعت سیال کاهش یافته و در اثر تبدیل انرژی، فشار افزایش یابد. هر پمپ شامل این بخش‌های اساسی می‌شود:

- پوسته پمپ
- موتور
- پروانه

پروانه‌ها

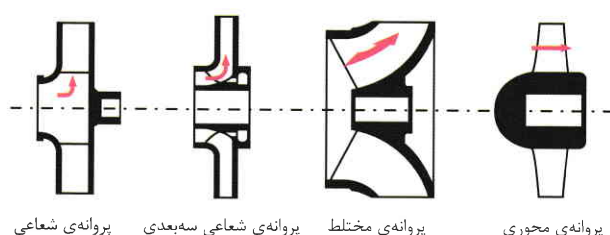
پروانه‌ها انواع گوناگونی دارند و می‌توانند بسته یا باز باشند. پروانه‌های امروزی طراحی سه‌بعدی دارند که مزایای چرخ محوری را با چرخ شعاعی ترکیب کرده است.

نمای برش خورده از یک پمپ بدون گلند



سیال در راستای محور پروانه به آن وارد می‌شود و در راستای شعاع آن خارج می‌شود.

انواع پروانه



بازده پمپ

هیچ پمپی تنها در یک نقطه‌ی واحد کار نمی‌کند. از این رو هنگامی که پمپی را انتخاب می‌کنیم، باید مطمئن شویم که در بیش‌تر فصل سرما نقطه‌ی عملکرد آن در یک سوم میانی منحنی قرار دارد. این امر اطمینان می‌دهد که عملکرد آن در محدوده‌ی بهترین راندمان خواهد بود.

بازده پمپ را می‌توان با فرمول زیر به دست آورد:

$$\eta_p = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367 \cdot P_2}$$

که در آن:

η_p = بازده (راندمان) پمپ

Q [m³/h] = آب‌دهی پمپ

H [m] = هد خروجی

P_2 [kW] = توان روی شفت پمپ

367 = ثابت تبدیل

ρ [kg/m³] = چگالی سیال

راندمان پمپ به طراحی آن بستگی دارد. جداول زیر نگاهی کلی به راندمان پمپ، بسته به نوع موتور و طراحی آن (گلنددار و بدون گلند) می‌اندازد.

(جدول ۱) - بازده پمپ‌های بدون گلند استاندارد (مقادیر راهنما)

توان موتور P_2	بازده کلی تقریبی η_{tot}
تا ۱۰۰ وات	۵٪ تا ۲۵٪
۱۰۰ تا ۵۰۰ وات	۲۰٪ تا ۴۰٪
۵۰۰ تا ۲۵۰۰ وات	۳۰٪ تا ۵۰٪

(جدول ۲) - بازده پمپ‌های گلنددار (مقادیر راهنما)

توان موتور P_2	بازده کلی تقریبی η_{tot}
تا ۱.۵ کیلووات	۵٪ تا ۲۵٪
۱.۵ تا ۷.۵ کیلووات	۳۵٪ تا ۷۵٪
۷.۵ تا ۴۵ کیلووات	۴۰٪ تا ۸۰٪

بازده (راندمان) هر ماشین عبارت است از نسبت توان خروجی به توان ورودی. این نسبت را با علامت η (تا) که از حروف یونانی است نشان می‌دهند.

از آنجایی که هیچ حرکتی نمی‌تواند بدون تلفات باشد، بازده همواره از ۱ (۱۰۰٪) کم‌تر است. برای یک پمپ سیرکولاتور، بازده کلی ناشی از بازده موتور η_m (مکانیکی و الکتریکی) و بازده هیدرولیکی η_p است. حاصل ضرب این دو عدد بازده کلی را نشان می‌دهد:

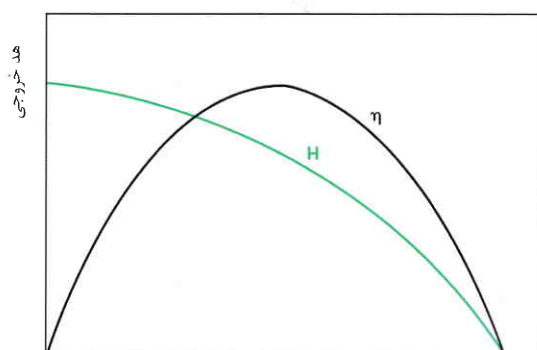
$$\eta_{tot} = \eta_m \cdot \eta_p$$

بسته به اینکه چه نوع پمپ و با چه سائزی مورد نظر ما است، بازده می‌تواند کاملاً متفاوت باشد. برای پمپ‌های بدون گلند، بازده کلی معمولاً بین ۵٪ تا ۵۴٪ (پمپ راندمان بالا) است؛ اما برای پمپ‌های گلنددار، این مقدار بین ۳۰٪ تا ۸۰٪ خواهد بود.

حتی در داخل منحنی یک پمپ مشخص نیز این بازده در هر زمان بین صفر تا حداکثر آن تغییر می‌کند.

با آنکه در حالت کارکرد پمپ به‌صورت شیر بسته، فشار پمپ خیلی بالا می‌رود، اما به‌خاطر آن که در این حال آب‌دهی پمپ صفر است، بازده صفر خواهد بود. همین را درباره‌ی پمپی با تخلیه مستقیم به اتمسفر (هدصفر) هم می‌توان گفت. با آن که میزان فراوانی از آب در جریان است، از آنجایی که فشار آن افزایش نمی‌یابد بازده بازهم صفر است.

نمودار منحنی و بازده پمپ



آب‌دهی پمپ

بهترین راندمان پمپ سیرکولاتور را در ناحیه‌ی میانی منحنی آن شاهدیم. در کاتالوگ‌های تهیه‌شده توسط تولیدکنندگان پمپ، این نقاط راندمان بالا، برای هر پمپ به‌طور کامل مشخص شده است.

توان مصرفی در پمپ‌های گریز از مرکز

منحنی پمپ این موارد را نشان می‌دهد: توان مصرفی موتور، زمانی که آب‌دهی پایین باشد در پایین‌ترین حد قرار دارد. زمانی که آب‌دهی افزایش می‌یابد، توان مصرفی نیز بالا می‌رود.

تأثیر سرعت موتور

اگر سرعت موتور تغییر کند، ولی تمام عوامل دیگر سیستم ثابت بمانند، توان مصرفی تقریباً متناسب با تغییر سرعت به توان سه تغییر می‌کند.

$$\frac{P_1}{P_2} \approx \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

با دانستن این نکته، می‌توان پمپ را به شکلی منطقی و با میزان نیاز به انرژی در سیستم گرمایشی کنترل کرد. اگر سرعت چرخش موتور دو برابر شود، میزان آب‌دهی نیز به همان نسبت افزایش می‌یابد اما هد خروجی چهار برابر می‌شود. در این صورت مقدار توان مصرفی تقریباً ضربدر هشت می‌شود. اگر سرعت پایین بیاید، آب‌دهی پمپ، هد خروجی و مقدار توان مصرفی همگی به همان نسبتی که گفته شد کم می‌شوند.

سرعت‌های ثابت بسته به طراحی

یکی از شاخص‌های مهم پمپ گریز از مرکز هد خروجی آن است، که به نوع موتور استفاده شده و سرعت آن بستگی دارد. پمپ‌هایی با سرعت بالاتر از 1500rpm را پمپ‌های پرسرعت می‌نامند و پمپ‌هایی که سرعت شان کم‌تر از این مقدار باشد را کم‌سرعت می‌خوانند.

با این همه، طراحی موتور در پمپ‌های کم‌سرعت تاحدی پیچیده‌تر است و به همین دلیل این موتورها می‌توانند گران‌تر باشند. به هر حال در مواردی که به دلیل مقدار گرمایش موردنیاز در سیستم، استفاده از پمپ‌های کم‌سرعت، ممکن یا حتی ضروری باشد، استفاده از پمپ پرسرعت به مصرف بی‌رویه انرژی می‌انجامد. بنابراین، قیمت بالاتر پمپ‌های کم‌سرعت به سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی جبران می‌شود.

با ایجاد روشی برای کاهش کنترل شده‌ی سرعت چرخش موتور در زمانی که نیاز به گرما کاهش می‌یابد، صرفه‌جویی چشم‌گیری در هزینه برق مصرفی بوجود می‌آید.

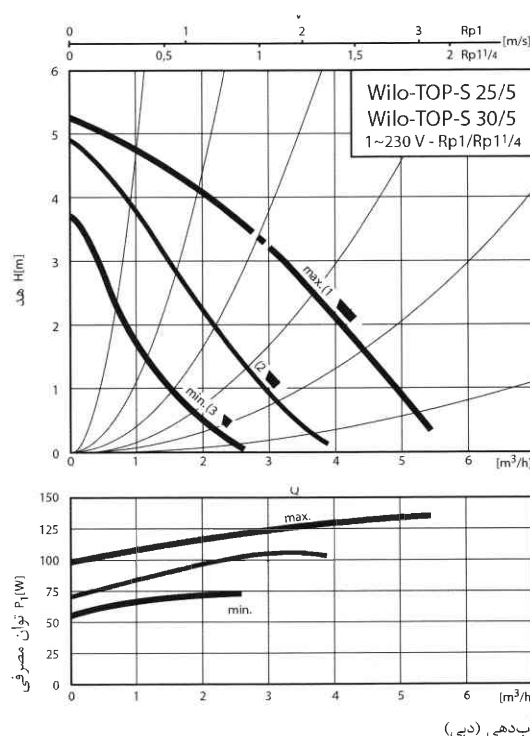
همان‌طور که در بخش قبل دیدیم، موتوری الکتریکی شفت پمپ را به چرخش درمی‌آورد، همان شفتی که پروانه بر روی آن سوار است. افزایش فشار و میزان آب‌دهی پمپ، خروجی هیدرولیک توان الکتریکی مصرفی به حساب می‌آیند. توان الکتریکی مصرفی همان توان ورودی موتور است که با P_1 نشان داده می‌شود.

منحنی پمپ‌ها

منحنی پمپ‌های گریز از مرکز را می‌توان با یک نمودار نمایش داد: محور عمودی نمایانگر توان مصرفی P_1 است که با W (وات) اندازه‌گیری می‌شود. محور افقی نشانگر آب‌دهی Q است که بر حسب مترمکعب بر ساعت برآورد می‌شود. این محور برای منحنی هد پمپ هم، که در ادامه به آن خواهیم پرداخت، به کار می‌آید. درجه‌بندی بر اساس یک درجه‌بندی واحد است. در کاتالوگ‌ها، این دو منحنی همواره در کنار هم قرار داده می‌شوند تا بتوانند ارتباط را بهتر به نمایش درآورند.

به بخش مربوط به «منحنی‌ها» در صفحه‌ی ۳۵ رجوع کنید.

منحنی پمپ Wilo-Top-S

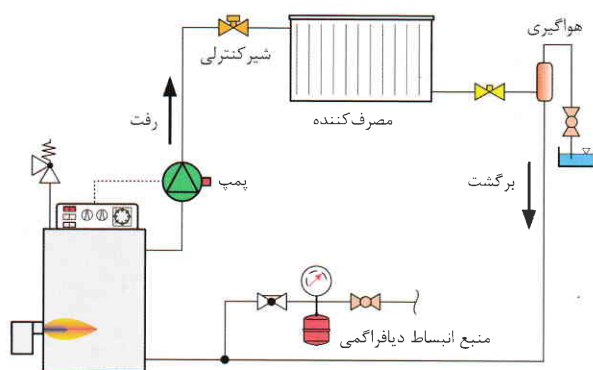


رابطه‌ی میان پارامترهای پمپ

به بخش مربوط به «انتخاب سرعت پمپ» در صفحه‌ی ۴۰ رجوع کنید.

پمپ‌های بدون گلند

سیستم گرمایشی به کمک پمپ



موتور پمپ‌های بدون گلند می‌تواند چندین سرعت داشته باشند. به علاوه، می‌توان سرعت را به صورت دستی تغییر داد. تغییرات سرعت را می‌توان با اضافه کردن کلید و تجهیزات کنترل، که بر اساس زمان، اختلاف فشار یا دما کار می‌کنند هم تنظیم کرد. از سال ۱۹۸۸، پمپ‌ها می‌توانند سیستم کنترل الکترونیکی داشته باشند که باعث می‌شود کنترل نامتناهی سرعت پمپ عملی باشد.

پمپ‌های بدون گلند، بسته به ابعاد و توان مورد نیاز، به صورت تک فاز یا سه فاز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پمپ‌های بدون گلند عملکردی آرام داشته و به دلیل طراحی‌شان نیازی به آب‌بندی شفت نمی‌باشد. نسل امروزی پمپ‌های بدون گلند بر اساس روش مدولار ساخته می‌شوند. بسته به ابعاد و میزان توان مورد نظر، مدول‌ها را در ترکیب با هم قرار می‌دهند. بنابراین، در صورت نیاز به هرگونه تعمیر تنها با تعویض بخش آسیب دیده کار به انجام می‌رسد.

یکی از مزایای مهم این نوع پمپ آن است که می‌تواند در حین عملکرد، هوای داخل خود را تخلیه کند.

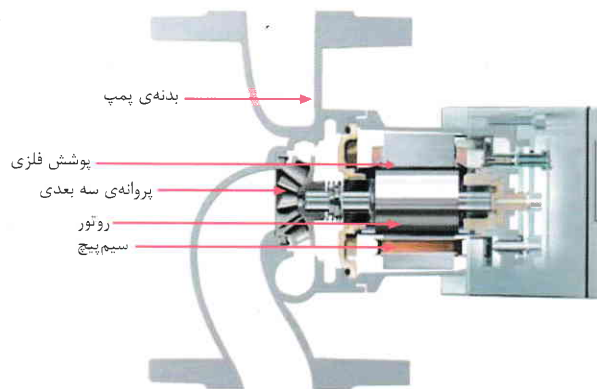
نصب پمپ‌های بدون گلند، چه در خط رفت و چه در برگشت، باعث چرخش سریع تر آب می‌شود (نسبت به حالتی که پمپ در سیستم وجود ندارد). در نتیجه، می‌توان از خط لوله‌ای با قطر کم‌تر استفاده کرد و این امر هزینه‌ی کل را پایین می‌آورد. همچنین میزان آب درون سیستم به مراتب کاهش می‌یابد. در این حال، سیستم می‌تواند سریع‌تر نسبت به نوسانات دما واکنش نشان دهد و بهتر نیز تنظیم شود.

ویژگی‌ها

ویژگی بارز پروانه‌ی پمپ‌های گریز از مرکز، شتاب‌دهی شعاعی به جریان آب است. شفتی که پروانه را می‌چرخاند از فولاد ضدزنگ و بیرینگ‌های آن از کربن یا سرامیک ساخته شده‌اند. روتور موتور نیز که بر روی شفت می‌نشیند در درون سیال حرکت می‌کند. آب در این حال باعث خنک شدن بیرینگ‌ها و موتور می‌شود.

یک پوشش فلزی نیز داخل موتور روی استاتور را می‌پوشاند. این محفظه از فولاد ضدزنگ غیرمغناطیسی یا فیبر کربن ساخته شده است و ضخامت دیواره‌اش در حد ۰/۱ تا ۰/۳ میلی‌متر است.

برای کاربردهای خاص، مثل سیستم‌های پمپاژ آب، از موتورهایی با سرعت ثابت در پمپ استفاده می‌کنند. اگر از پمپ بدون گلند در چرخه‌ی گرمایشی استفاده شود و بنا باشد گرما را به رادیاتورها برساند، باید بتواند بسته به مقدار گرمای مورد نیاز تنظیم شود. بسته به دمای بیرونی، مقادیر متفاوتی از آب برای گرمادهی لازم خواهد بود. به کمک شیر ترموستاتیک در رادیاتورها می‌توان میزان دبی را تعیین کرد.



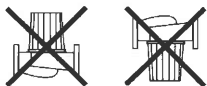
مزایا: سطح مقطع کم تر در لوله‌ها، کاهش میزان آب، واکنش سریع‌تر به تغییر دما، و هزینه‌ی نصب پایین تر



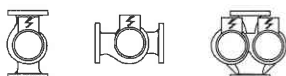
اولین پمپ بدون گلند تمام الکترونیکی با امکان کنترل دائمی تغییر سرعت

وضعیت‌های نصب برای پمپ‌های بدون گلند

نصب در این حالات مجاز نمی‌باشد.



وضعیت مجاز نصب برای پمپ‌های با کنترل سرعت نامحدود



وضعیت مجاز نصب برای پمپ‌های چند سرعتی



وضعیت نصب پمپ‌های بدون گلند

پمپ‌های بدون گلند با قطر دهانه‌ی اسمی تا سایز 1 1/4 اینچ دارای دهانه‌ی ورودی و خروجی رزوه‌ای هستند. در پمپ‌های بزرگ‌تر برای نصب از فلنج استفاده می‌شود. این پمپ‌ها را می‌توان در خطوط لوله عمودی یا افقی بدون فونداسیون نصب کرد.

همان‌گونه که قبلاً گفتیم بیرینگ‌ها در پمپ سیرکولاتور به کمک آب روان‌کاری می‌شوند. آب در این حال باعث خنک شدن موتور نیز می‌شود. از این رو، می‌توان گفت وجود آب درون محفظه‌ی پمپ، همواره الزامی است.

همچنین در پمپ‌های بدون گلند در سیستم گرمایشی شفت پمپ همیشه باید در حالت افقی قرار گرفته باشد. نصب پمپ به صورت عمودی یا ایستاده می‌تواند سبب اختلالاتی در عملکرد آن شده و باعث کاهش طول عمر آن شود.

برای جزئیات بیشتر درباره‌ی وضعیت نصب به راهنمای عملکرد و نصب مراجعه کنید.

پمپ‌های بدون گلند که در اینجا توصیف کردیم به دلیل طراحی خاص خود دارای عملکرد مناسبی در سیستم‌های گرمایشی هستند و قیمت‌شان هم نسبتاً ارزان است.

پمپ‌های گلنددار

ویژگی‌ها

پمپ‌های گلنددار برای پمپاژ در آب‌دهی بالا به کار می‌آیند و بهترین گزینه برای پمپ کردن آب خنک‌کننده و سیالات نسبتاً خورنده هستند. بر خلاف پمپ‌های بدون گلند، در اینجا سیال با موتور تماسی ندارد.

تفاوت دیگر این پمپ‌ها با پمپ‌های بدون گلند نحوه آب‌بندی شفت می‌باشد. برای این کار از یک مجموعه ی پکینگ یا سیل مکانیکی استفاده می‌شود.

موتور پمپ‌های گلنددار از نوع موتور سه‌فاز عادی است که سرعت اصلی‌اش ثابت بوده و معمولاً به کمک یک سیستم کنترل سرعت الکترونیکی خارجی کنترل می‌شود. امروزه به دلیل پیشرفت‌های فن‌آوری در این گونه موتورها، که توان خروجی‌شان مدام در حال افزایش است، می‌توان از یک سیستم کنترل الکترونیکی یکپارچه با موتور استفاده کرد.

بازده کلی پمپ‌های گلنددار به طور قابل‌ملاحظه‌ای از پمپ‌های بدون گلند بیش‌تر است.

پمپ‌های گلنددار بر حسب طراحی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- پمپ‌های خطی:

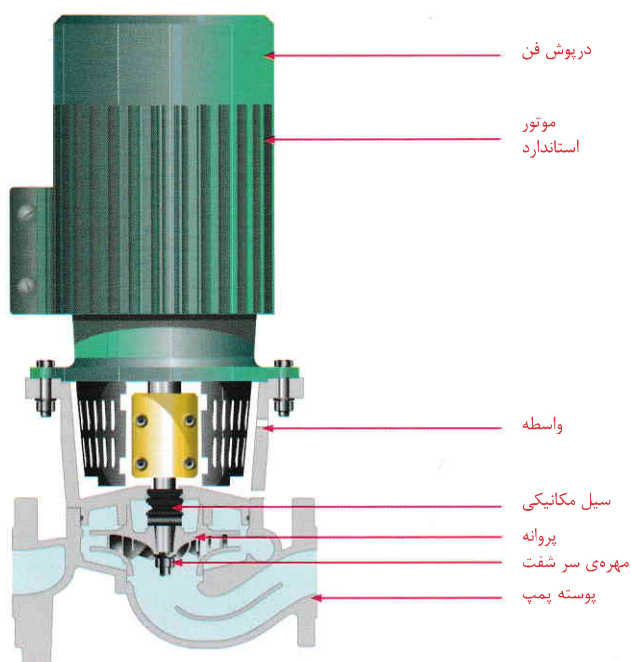
پمپ‌هایی که در آن‌ها دهانه‌ی مکش و تخلیه در یک خط قرار دارند و دارای قطر اسمی مساوی هستند پمپ خطی نامیده می‌شوند. پمپ‌های خطی دارای موتورهای استاندارد فلنچ‌داری هستند که با هوا خنک می‌شود.

این نوع پمپ‌ها در ساختمان‌هایی که در آن‌ها به آب‌دهی زیادی نیاز است بسیار کاربردی هستند و آن‌ها را می‌توان مستقیماً در مسیر خط لوله نصب کرد. برای تحمل وزن، با خط لوله را روی ساپورت قرار می‌دهند یا پمپ را با استفاده از ساپورت یا روی فونداسیون در محل نصب می‌کنند.

۲- پمپ‌های یکپارچه (مونو بلاک):

این پمپ‌ها از نوع پمپ‌های گریز از مرکز تک‌سرعتی و کم‌فشار هستند. شفت پمپ و موتور یکپارچه بوده و موتور نیز توسط هوا خنک می‌شود. پوسته‌ی حلزونی در آن‌ها دارای یک دهانه‌ی مکش محوری و یک دهانه‌ی تخلیه‌ی شعاعی است.

ساختمان پمپ‌های گلنددار



۳- پمپ‌های استاندارد:

برای این پمپ‌های گریز از مرکز با ورودی محوری، پمپ، کوپلینگ و موتور بر روی یک شاسی واحد قرار داده می‌شوند و به همین دلیل تنها مناسب برای نصب روی فونداسیون هستند.

بسته به سیال موردنظر و شرایط عملکرد سیستم، برای آب‌بندی آن‌ها از سیل مکانیکی یا پکینگ استفاده می‌کنند. سائز دهانه‌ی تخلیه‌ی عمودی تعیین‌کننده‌ی قطر اسمی این پمپ‌ها است. قطر اسمی دهانه‌ی مکش افقی معمولاً یک سائز بزرگ‌تر است.

به فصل مربوط به

«آب‌بندی شفت» در

صفحه‌ی ۳۲ رجوع کنید.

آب‌بندی شفت

همان‌طور که در بخش قبلی دیدیم، می‌توان شفت را به کمک یک سیل مکانیکی یا مجموعه‌ی پکینگ‌ها کاملاً آب‌بندی کرد. در ادامه به مشخصات این دو روش می‌پردازیم.

نکته‌ی مهم: سیل‌های مکانیکی در معرض سایش هستند. استفاده از پمپ بدون آب هرگز توصیه نمی‌شود زیرا باعث خرابی سطوح آب‌بندی می‌شود.

سیل مکانیکی

ساختمان سیل مکانیکی شامل دو رینگ جدا از هم می‌شود که سطح‌شان کاملاً صیقل یافته است. در هنگام کار پمپ این دو سطح توسط یک فنر روی یکدیگر قرار می‌گیرند و فشرده می‌شوند. سیل مکانیکی در اصل یک نوع آب‌بندی دینامیکی برای فشار متوسط تا زیاد به حساب می‌آید.

سطح آب‌بندکننده در سیل مکانیکی شامل دو رینگ مسطح و مقاوم در برابر سایش (برای مثال، رینگ‌هایی از جنس سیلیکون یا کربن) می‌شود که به کمک نیروهای محوری به یکدیگر فشرده می‌شوند. یکی از رینگ‌ها چرخان بوده و همراه با شفت به گردش درمی‌آید، در حالی که رینگ دیگر ثابت بوده و روی پوسته نصب می‌شود.

در میان دو رینگ فوق یک لایه‌ی بسیار نازک از آب تشکیل می‌شود که به‌عنوان روان‌کار و خنک‌کننده عمل می‌کند.

این امر باعث شکل‌گیری انواع متفاوتی از اصطکاک میان دو سطح می‌شود:

اصطکاک مختلط Mixed friction

اصطکاک مرزی Boundary friction

یا اصطکاک خشک Dry friction

که از این میان آخری (که در صورت شکل نگرفتن لایه‌ی نازک آب پدید می‌آید) سبب آسیب فوری می‌شود. طول عمر این مجموعه به شرایط عملکرد، از جمله نوع و دمای سیال پمپ‌شونده، بستگی دارد.

مجموعه‌ی پکینگ‌ها

مواد سازنده‌ی پکینگ‌های آب‌بندی، شامل ترکیبی از الیاف باکیفیت، نظیر Kevlar یا Twaron یا PTFE، الیاف با پایه گرافیت، فیبرهای ترکیبی معدنی و فیبرهای طبیعی همچون کنف، کتان و غیره می‌شود. این مواد به صورت متری یا به شکل توپی، در حالت خشک یا آغشته به موادی ویژه بسته به کاربرد موجود هستند. وقتی آن‌ها را به صورت متری می‌خریم، ابتدا باید بخشی را به اندازه‌ی یک حلقه از آن برید و شکل داد. سپس رینگ‌های پکینگ دور شفت قرار گرفته و با محکم کردن پیچ‌های گلند، پکینگ‌ها به هم فشرده می‌شوند.

سیل مکانیکی در پمپ‌های گلنددار



وضعیت نصب پمپ‌های گلنددار

وضعیت‌های مجاز برای نصب:

پمپ‌های خطی برای نصب افقی یا عمودی در خطوط لوله طراحی می‌شوند.

باید فضای کافی برای جداسازی موتور، واسطه و پروانه برای تعمیرات وجود داشته باشد.

به هنگام نصب پمپ، خطوط لوله نباید تحت تنش قرار گرفته باشند و پمپ باید روی پایه (در صورت وجود) قرار داده شود.

وضعیت‌هایی که در آن‌ها نصب مجاز نیست:

نباید نصب در حالتی صورت گیرد که در آن موتور و جعبه‌ی برق رو به پایین قراردارند.

اگر توان موتور از حد مشخصی فراتر رود، باید پیش از نصب پمپ به شکل افقی با تولیدکننده مشورت کرد.

چند توصیه‌ی مهم درباره‌ی پمپ‌های یکپارچه (مونوبلاک):
 این پمپ‌ها باید بر روی فونداسیون یا ساپورت‌های مناسب نصب گردند.

نباید آن‌ها را در حالتی نصب کرد که در آن موتور و جعبه‌ی برق رو به پایین قرار دارند. دیگر حالت‌های نصب، مجاز می‌باشد.

برای اطلاعات بیش‌تر درباره‌ی وضعیت‌های نصب به دفترچه‌ی نصب و عملکرد رجوع کنید.

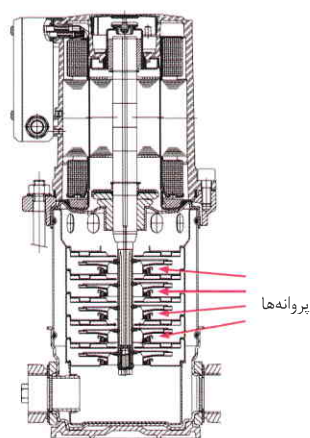
پمپ‌های گریز از مرکز فشار بالا (طبقاتی)

این پمپ‌ها معمولاً دارای طراحی چندمرحله‌ای همراه با چندین پروانه و دیفیوزر هستند. میزان آب‌دهی پمپ بستگی به ابعاد پروانه و سایر عوامل دارد. هد خروجی در پمپ‌های گریز از مرکز پرفشار به کمک چندین ردیف پروانه ایجاد می‌شود. انرژی جنبشی توسط پروانه و دیفیوزر به فشار تبدیل می‌شود.

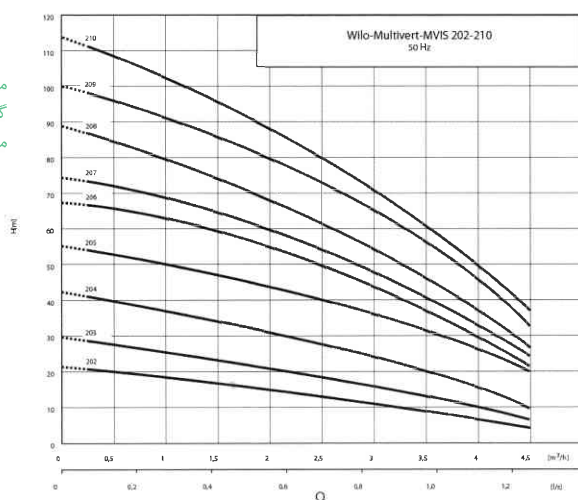
پمپ‌های گریز از مرکز پرفشار چند سرعته نسبت به پمپ‌های گریز از مرکز تک‌سرعت و کم‌فشار می‌توانند به سطوح بالاتری از فشار برسند.

انواع بزرگ این پمپ‌ها می‌توانند تا ۲۰ طبقه داشته و به این ترتیب هد خروجی بالغ بر ۲۵۰ متر داشته باشند. تقریباً تمامی پمپ‌های گریز از مرکز پرفشار که در اینجا توصیف کردیم به خانواده‌ی پمپ‌های گلنددار تعلق دارند. گرچه، اخیراً تولیدکنندگان پمپ‌های پرفشار را به صورت بدون گلند نیز می‌سازند.

سطح مقطع پمپ گریز از مرکز طبقاتی



نمودار منحنی پمپ گریز از مرکز طبقاتی



مثالی از نمودار یک پمپ
 گریز از مرکز طبقاتی با
 موتور بدون گلند

منحنی‌ها

منحنی پمپ

فشار تولید شده‌ی داخل پمپ را معمولاً با نام هد می‌شناسند.

تعریف هد

بنا به تعریف در یک پمپ، هد یا H ، برابر است با کار مکانیکی مفیدی که توسط پمپ به سیال انتقال داده می‌شود و آن را با رابطه زیر نشان می‌دهند:

$$H = \frac{E}{G} \text{ [m]}$$

E = انرژی مکانیکی مفید [N.m]

G = نیروی گرانشی [N]

در اینجا، میزان فشار تولیدی پمپ و میزان آبدهی به یکدیگر بستگی دارند. این وابستگی را به شکل نمودار پمپ نمایش می‌دهند.

محور عمودی نشان‌گر هد پمپ بر حسب متر است. از واحدهای دیگر نیز به همین منظور می‌توان استفاده کرد. می‌توان از مقادیر تبدیل زیر بهره گرفت:

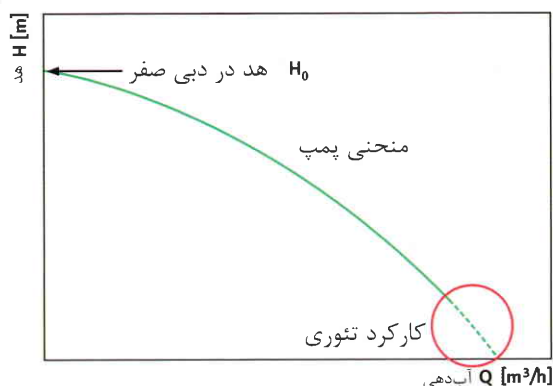
$$10\text{m} = 1 \text{ bar} = 100,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$$

محور افقی، نمایان‌گر میزان آبدهی پمپ به مترمکعب بر ساعت است. از واحدهای دیگر، نظیر لیتر بر ثانیه هم می‌شود استفاده کرد.

این منحنی نشان‌گر روابط زیر است: انرژی الکتریکی موتور (با منظور کردن بازده) در درون پمپ به انرژی هیدرولیکی، در قالب تقویت فشار و آبدهی، تبدیل می‌شود. اگر پمپ در حالتی که شیر خروجی بسته است کار کند، بیش‌ترین حد از فشار در پمپ به وجود می‌آید. اگر شیر به آرامی باز شود، سیال نیز به تدریج جریان می‌یابد و در نتیجه بخشی از انرژی موتور به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود.

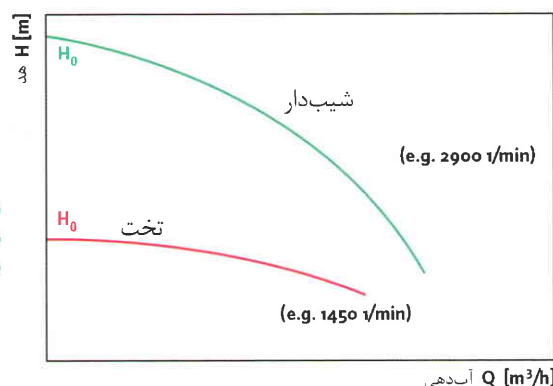
در این حال، دیگر نمی‌توان فشار اولیه را نگاه داشت و منحنی پمپ شروع به پایین رفتن می‌کند. از لحاظ تئوری در نقطه‌ای که منحنی پمپ محور افقی را قطع می‌کند فشار تولیدی پمپ صفر بوده و همه‌ی انرژی الکتروموتور، صرف ایجاد آبدهی شده است. با این وجود، چون خطوط لوله همواره دارای مقاومت داخلی هستند، منحنی‌های پمپ واقعی پیش از رسیدن به محور افقی پایان می‌یابند.

منحنی پمپ



شکل منحنی پمپ

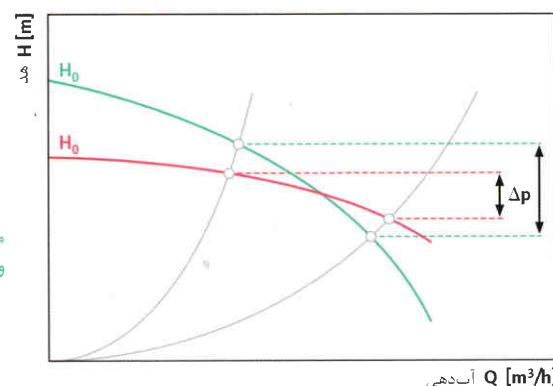
تصویر زیر تفاوت در شیب منحنی پمپ را نمایش می‌دهد که می‌توانند به عنوان مثال ناشی از سرعت‌های متفاوت پمپ باشند.



شیب‌های مختلف در منحنی پمپ، برای مثال بسته به سرعت موتور

تفاوت میزان آبدهی و فشار بسته به میزان شیب منحنی و تغییر نقطه‌ی عملکرد به وجود می‌آید:

- منحنی تخت:
- تغییر شدید در میزان آبدهی، اما تغییر اندک در فشار
- منحنی شیب‌دار:
- تغییر اندک در میزان آبدهی، اما تغییر شدید در فشار

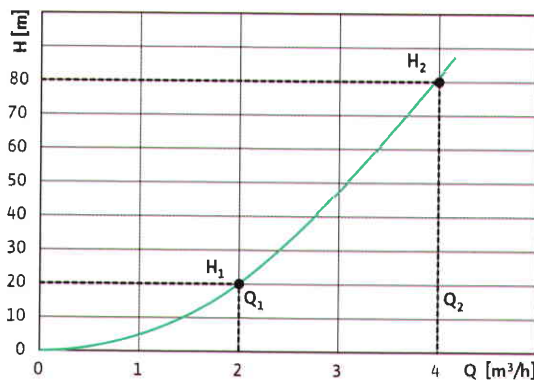


منحنی تفاوت میزان آبدهی و تغییرات فشار

منحنی سیستم

مقاومت ناشی از اصطکاک در درون لوله‌ها باعث افت فشار سیال عبوری می‌شود که این افت فشار متناسب با طول مسیر است. افت فشار همچنین به دمای سیال، ویسکوزیته، سرعت، اتصالات، مصرف‌کننده‌ها و مقاومت ناشی از اصطکاک در لوله‌ها (که خود وابسته به قطر لوله‌ها، زبری سطح آن‌ها و طول‌شان است) بستگی دارد. این افت فشار را می‌توان در منحنی سیستم مشاهده کرد. از همین مختصات برای رسم منحنی پمپ هم استفاده شده است.

منحنی سیستم



برای دریافت جزوات و سوالات تخصصی به کانال تلگرام

Bookletshare.sellfile.ir
@Bookletshare

مراجعه نمایند.

این منحنی نشان‌گر روابط زیر است:

مقاومت ناشی از اصطکاک در لوله‌ها به دلیل اصطکاک میان آب و جداره‌ی داخلی لوله‌ها، اصطکاک قطرات آب در کنار هم و تغییر مسیر در بخش‌های مختلف سیستم پدید می‌آید. زمانی که میزان جریان تغییر می‌کند، مثلاً زمانی که شیرهای ترموستاتیک رادیاتور باز یا بسته می‌شوند، سرعت آب نیز عوض می‌شود و به همین علت مقاومت ناشی از اصطکاک در لوله‌ها نیز تغییر می‌کند. از آنجایی که سطح مقطع لوله‌ها تنها مسیر عبور جریان است، مقاومت با توان دو تغییر می‌یابد. از این رو، نمودار آن به شکل سهمی خواهد بود و رابطه‌ی ریاضی زیر به دست می‌آید:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^2$$

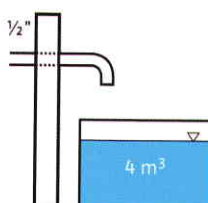
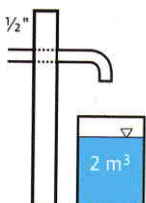
نتیجه

اگر میزان دبی در سیستم خطوط لوله نصف شود، هد خروجی پمپ به یک چهارم میزان قبلی‌اش کاهش می‌یابد و اگر میزان جریان در لوله‌ها دوبرابر شود، میزان هد خروجی چهار برابر می‌شود. برای نمونه، تخلیه‌ی آب از یک شیر را در نظر بگیرید. در صورتی که فشار آب ورودی ۲ بار باشد، که خود متناظر با هد خروجی در حد ۲۰ متر است، آب از شیر ۱/۲ DN، با دبی ۲ مترمکعب بر ساعت، جاری می‌شود. برای آنکه میزان دبی دوبرابر شود، باید فشار ورودی از ۲ به ۸ بار افزایش یابد.

تخلیه از یک شیر در فشار ورودی متفاوت

فشار ورودی ۲ بار، تخلیه
۲ مترمکعب بر ساعت

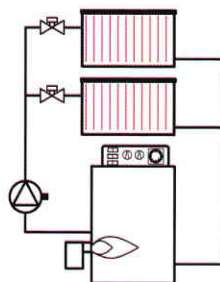
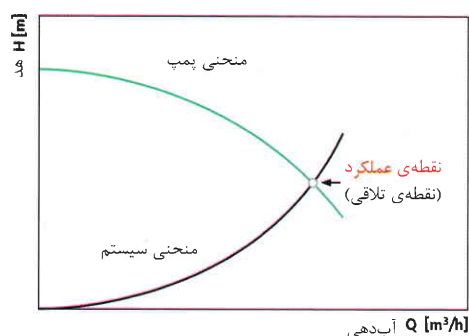
فشار ورودی ۸ بار، تخلیه
۴ مترمکعب بر ساعت



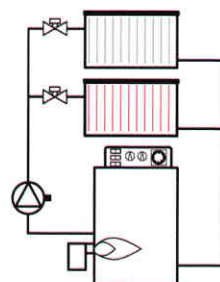
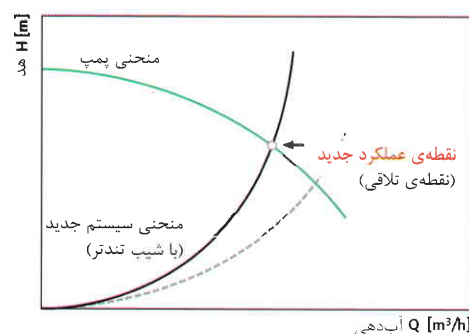
نقطه‌ی عملکرد

منحنی نقطه‌ی عملکرد خودتنظیم

هر دو شیر ترموستاتیک باز هستند



فقط یکی از دو شیر ترموستاتیک باز است



نقطه‌ای که در آن منحنی پمپ و منحنی سیستم با یکدیگر تلاقی می‌کنند نقطه‌ی عملکرد در سیستم گرمایشی یا سیستم آبرسانی خوانده می‌شود.

این به آن معنا است که در این نقطه تعادلی میان توان هیدرولیکی خروجی پمپ و توان لازم برای غلبه بر مقاومت خطوط لوله ایجاد می‌شود. هد خروجی پمپ همواره برابر با مقاومت سیستم در برابر جریان است. با به دست آمدن هد پمپ مقدار آب‌دهی متناظر آن از روی منحنی عملکرد مشخص می‌شود.

باید در نظر داشت که میزان آب‌دهی پمپ نمی‌تواند از یک حداقل کمتر شود. در غیر این صورت، قطعات داخلی پمپ بیش از اندازه داغ شده و به پمپ آسیب وارد می‌شود. در این باره باید حداقل آب‌دهی مشخص شده توسط تولیدکننده‌ی پمپ را در نظر گرفت. نقطه‌ی عملکردی که بیرون منحنی پمپ قرار گیرد باعث خسارت به موتور می‌شود.

نقطه‌ی عملکرد، همچنین، می‌تواند به دلیل تغییر میزان آب‌دهی در طی شرایط کاری مختلف عوض شود. مهندس طراح باید با توجه به حداکثر نیاز مصرفی در سیستم نقطه‌ی عملکرد طراحی را مشخص کند. برای پمپ‌های سیستم گرمایشی، این عامل همان بار گرمایشی ساختمان و برای سیستم‌های تقویت فشار، این عامل همان حداکثر میزان جریان برای تمامی شیرها است.

تمام نقاط عملکرد دیگر که در عملیات واقعی به وجود می‌آیند در منحنی در سمت چپ نقطه‌ی عملکرد اصلی قرار می‌گیرند.

دو تصویر روبرو نشان می‌دهند که تغییر در نقطه‌ی عملکرد به سبب تغییر در مقاومت در برابر جریان ایجاد می‌شود. اگر نقطه‌ی عملکرد به سمت چپ نقطه‌ی عملکرد اصلی سوق یابد، طبقاً میزان هد خروجی در پمپ افزایش خواهد یافت. این مسئله باعث سروصدا در شیرها می‌شود.

نصب پمپ‌هایی که مجهز به سیستم کنترلی هستند میزان جریان و هد خروجی را با مقدار نیاز به گرما هماهنگ می‌کند. و در همان حال، هزینه‌ی سیستم پمپاژ را نیز تا حد زیادی پایین می‌آورد.

تنظیم پمپ بر حسب میزان نیاز به گرما

به دلیل آنکه شرایط آب و هوایی ما شامل چهار فصل متفاوت می‌شوند، نوسانات شدیدی در دمای محیط پدید می‌آید. از دماهای بالا در تابستان، مثلاً ۳۰ یا ۴۰ درجه‌ی سانتیگراد گرفته، تا دماهای پایین در زمستان، در حد ۱۵- تا ۲۰- درجه و حتی کمتر. روشن است که این دماها برای محیط زندگی مناسب نیستند. در زمان‌های گذشته، از آتش برای گرم کردن غارها بهره می‌گرفتند. اما به تدریج، همان‌طور که در بخش «مبانی پمپ» گفتیم، سیستم‌های گرمایشی ابداع گردید.

نوسانات دمای هوا

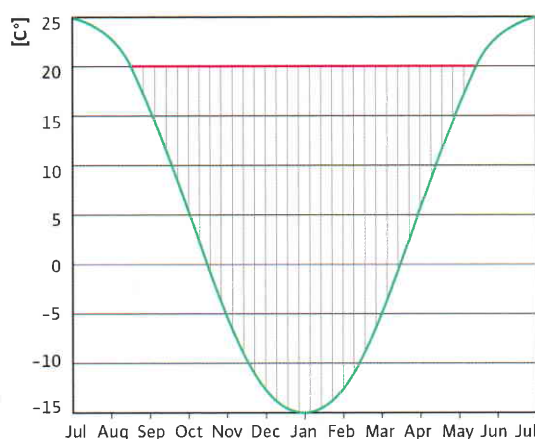
در شکل سمت چپ، بخش هاشور خورده کاملاً نشان می‌دهد که بسته به نوسانات دمای بیرون به مقادیر مختلف انرژی گرمایی نیاز است.

زمانی که منابع انرژی به کار رفته برای گرمایش (نظیر چوب، ذغال سنگ، نفت و...) بسیار ارزان بودند، دیگر چندان اهمیت نداشت که چه میزان سوخت به کار گرفته شود و از آن بدتر اینکه برای تنظیم دمای اتاق، تنها لازم بود پنجره‌ها را باز یا بسته کنند. و به شوخی این کار را «کنترل دو مرحله‌ای» می‌نامیدند زیرا پنجره یا باز بود یا بسته!

اولین بحران نفت در سال ۱۹۷۳ باعث شد درباره‌ی بهینه‌سازی مصرف انرژی آگاهی اولیه ایجاد شود.

از آن پس عایق‌بندی حرارتی برای ساختمان‌ها به صورت یکی از جنبه‌های عمده در فرآیند ساخت‌وساز درآمد و برخی از این پیشرفت‌های فن‌آوری به صورت الزامات قانونی درآمد. طبیعی است که فن‌آوری گرمایش نیز هم‌سو با این روند رشد یافته است. اولین عاملی که در این میان مصرفش فراگیر شد شیر ترموستاتیک در رادیاتورها بود، که دمای اتاق را در حد مناسب نگاه می‌دارد.

دمای بیرون



بخش هاشورخورده باید با انرژی گرمایی انباشته شود.

محدود شدن میزان آب گرم به دلیل به کار گرفتن این شیرها فشار پمپ را در پمپ‌های یک‌سرعه (طبق منحنی پمپ) افزایش می‌دهد و از این رو باعث سروصدا در شیر می‌شود. برای ممانعت از فشار بیش از حد، شیرهای اطمینان طراحی شده و نصب گردیدند تا بتوانند فشار اضافی را تخلیه کنند.

به فصل «نقطه‌ی عملکرد» در صفحه‌ی ۳۷ رجوع کنید.

انتخاب سرعت پمپ

در نیمه‌ی اول دهه‌ی ۸۰ میلادی، امکان تنظیم دقیق سرعت در پمپ‌های گلنددار که بسته به نیاز سیستم گرمایشی، توان موتور بالایی نیز دارند میسر شد. مبدل‌های فرکانس برای کنترل این پمپ‌ها به کار گرفته شدند.

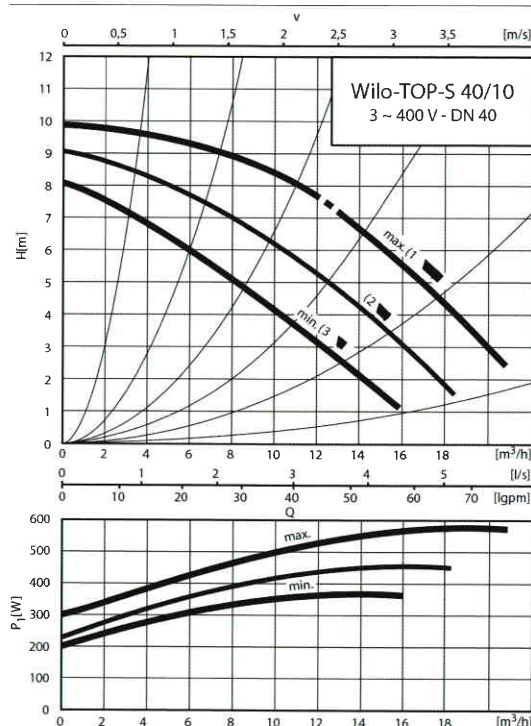
برای درک این فن‌آوری، فرکانس جریان عادی، ۵۰ هرتز، را به خاطر آورید. این به آن معنا است که جریان بین یک قطب مثبت و منفی در هر ثانیه ۵۰ بار نوسان می‌کند. روتور درون موتور نیز با همین سرعت حرکت می‌کند.

می‌توان از اجزای الکترونیکی‌ای استفاده کرد که جریان را سریع‌تر یا کندتر کنند و به این ترتیب مدام فرکانس را، برای نمونه بین صفر تا صد هرتز تنظیم کنند.

با این همه در موتورهای به‌کاررفته برای سیستم‌های گرمایشی، فرکانس نمی‌تواند به کم‌تر از ۲۰ هرتز یا ۴۰٪ برسد. از طرف دیگر چون حداکثر خروجی گرما برای روزهای بسیار سرد طراحی می‌شود، به ندرت لازم است تا موتور را در حداکثر فرکانس و دور به گردش درآوریم.

تولیدکنندگان پمپ معمولاً پمپ‌های بدون گلند را با امکان انتخاب دستی سرعت عرضه می‌کنند. همان‌طور که در فصل‌های قبل گفتیم، میزان جریان بر طبق مقدار سیال عبور کرده از شیرهای ترموستاتیک و شیرهای کنترل تغییر می‌کند. این امر به پمپ اجازه می‌دهد که مستقیماً به دمای محیط واکنش نشان دهد.

منحنی پمپ Wilo-Top-S



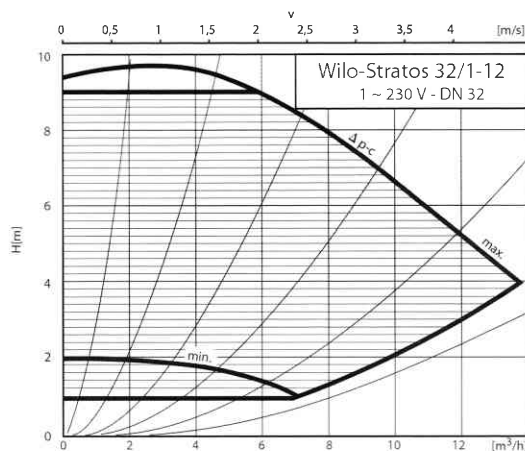
(پمپ بدون گلند Wilo-Top-S)
با سه سرعت قابل تنظیم

از آنجا که سرعت موتور را می‌توان بین چند حالت تغییر داد، موتورها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بتوانند با نیروهای درونی مختلفی کار کنند. اگر دبی آب کم‌تری درون لوله‌ها در حال گردش باشد، مقاومت لوله‌ها نیز کم‌تر می‌شود، که خود باعث می‌شود پمپ با هد خروجی کم‌تری کار کند. در این حال، توان مصرفی موتور نیز به شدت کاهش می‌یابد.

از زمان به‌کارگیری این موتورها به بعد، طیف گسترده‌ای از تجهیزات کنترلی ابداع گردیده است که همگی می‌توانند سرعت چرخش موتور را تنظیم کنند. به این ترتیب پمپ و موتور می‌توانند مستقیماً به دمای محیط واکنش نشان دهند. دستگاه کنترل سرعت می‌تواند از متغیرهای زیر فرمان پذیرد:

- زمان
- دمای آب
- اختلاف فشار
- سایر متغیرهای خاص سیستم

نمودار محدوده‌ی منحنی یک پمپ Wilo-Stratos



(کنترل دائمی سرعت متغیر در
 پمپ پربازده Wilo-Stratos)

از سال ۱۹۸۸، روش کنترل سرعت پیوسته برای پمپ‌های کوچک امکان‌پذیر گردید، اما از فن‌آوری الکترونیکی دیگری استفاده می‌شد. فن‌آوری مورد استفاده در آن زمان، کنترل زاویه‌ی فاز، همانند روشی از کنترل است که برای دیمرها در نورپردازی استفاده می‌شود.

به بخش «پمپ‌های بدون گلند» در
 صفحه‌ی ۲۹ رجوع کنید.

در حالی که بیست سال قبل هنوز به مبدل‌های بزرگی برای تغییر فرکانس نیاز بود، به تدریج ابعاد مبدل‌های فرکانس آن‌قدر کوچک شده‌اند که می‌توان آن‌ها را، همان‌گونه که در پمپ‌های Wilo-Stratos می‌بینیم، در جعبه برق در کنار موتور قرار داد.

کنترل سرعت پیوسته که نسبت به اختلاف فشار حساس بوده و به‌صوت پیوسته قابل تغییر است (در مقایسه با حالتی که موتور فقط در چند سرعت مشخص کار می‌کند)، تضمین می‌کند که میزان هد خروجی روی مقدار تنظیم شده پایدار بماند. میزان آب‌دهی پمپ که به هوا و شرایط مصرف بستگی دارد بر هد خروجی تأثیر نمی‌گذارد.

از سال ۲۰۰۱، یک پیشرفت تازه در عرصه‌ی پمپ‌های بدون گلند پدید آمده است. تازه‌ترین نسل از این‌گونه پمپ‌ها که موسوم به پمپ‌های پربازده‌اند می‌توانند به کمک موتورهای ECM ترکیبی از صرفه‌جویی در مصرف انرژی را در کنار بازده بالا ارائه دهند.

شیوه‌های کنترل

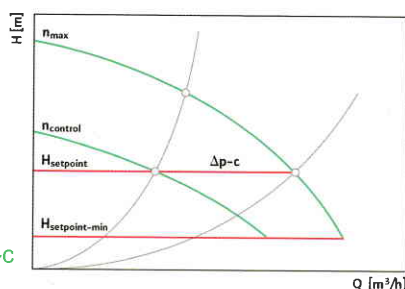
امروزه پمپ‌هایی که به شکل الکترونیکی کنترل می‌شوند دارای تجهیزاتی هستند که امکان استفاده از شیوه‌های مختلف عملکرد و کنترل را فراهم می‌سازند.

در این‌جا، شیوه‌هایی که پمپ برای کنترل انجام می‌دهد را ذکر کرده‌ایم، علاوه بر آن شکل‌های عملکرد که در آن‌ها پمپ، به جای تنظیم خود، به کمک فرمان‌هایی با نقاط عملکرد مشخصی سازگار می‌شود معرفی کرده‌ایم.

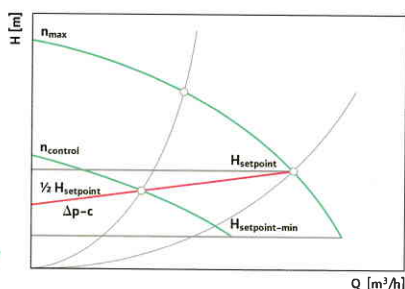
در ادامه تصویری کلی از رایج‌ترین روش‌های کنترل عملکرد را ارائه داده‌ایم. از تجهیزات و سیستم‌های کنترل اضافی دیگری نیز می‌توان برای پردازش و انتقال طیف وسیعی از داده‌ها استفاده کرد.

نمودار منحنی پمپ برای شیوه‌های گوناگون کنترل

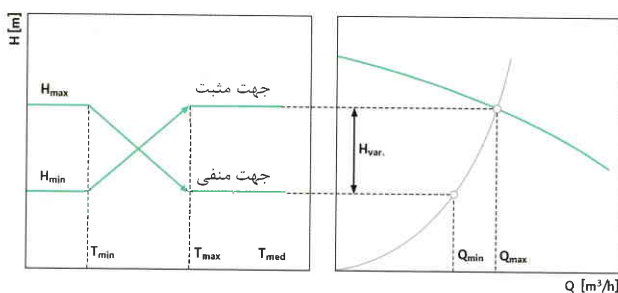
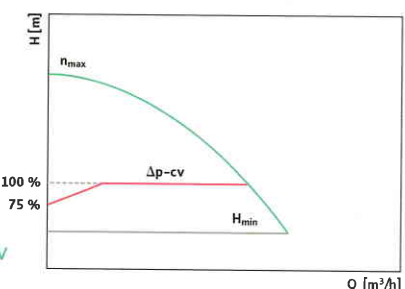
$\Delta p-c$: اختلاف فشار ثابت



$\Delta p-v$: اختلاف فشار متغیر



$\Delta p-cv$: اختلاف فشار ثابت/متغیر



کنترل اختلاف فشار بسته به دما:
 $\Delta p-T$ که به تغییر میزان جریان بستگی دارد.

شیوه‌های کنترل قابل انتخاب

اختلاف فشار ثابت ($\Delta p-c$):

لوازم الکترونیکی به کار رفته باعث می‌شوند که اختلاف فشار ایجاد شده توسط پمپ برای محدوده‌ی مجاز آب‌دهی در مقدار تنظیم شده‌ی هد (H_s) ثابت بماند.

اختلاف فشار متغیر ($\Delta p-v$):

تجهیزات الکترونیکی در این حالت نقطه‌ی تنظیم اختلاف فشار تولیدی پمپ را تغییر می‌دهند. برای مثال نقطه‌ی تنظیم اختلاف فشار به شکلی خطی میان H_s و $\frac{1}{2} H_s$ با میزان آب‌دهی افزایش یا کاهش می‌یابد.

اختلاف فشار متغیر/ثابت ($\Delta p-cv$):

در این شیوه از کنترل، لوازم الکترونیکی به کار رفته، اختلاف فشار تولیدی را ثابت نگه می‌دارد ($100\% H_s$). اگر میزان آب‌دهی از مقدار مشخصی کم‌تر شود، تجهیزات الکترونیکی اختلاف فشار را تغییر می‌دهند تا پمپ بتواند آن را به شکل خطی، برای مثال بین $100\% H_s$ و $75\% H_s$ تنظیم کند.

کنترل اختلاف فشار وابسته به دما ($\Delta p-T$):

در این شیوه از کنترل، تجهیزات الکترونیکی، اختلاف فشار تولیدی پمپ را با توجه به دمای اندازه‌گیری شده تنظیم می‌کند.

برای این شیوه از کنترل دو تنظیم امکان‌پذیر است:

- کنترل با جهت مثبت
زمانی که دمای سیال بالاتر می‌رود، نقطه‌ی تنظیم اختلاف فشار به شکل خطی از H_{min} تا H_{max} بالا می‌رود. این روش برای مثال، در بویلرهای استاندارد با دمای تغذیه شناور به کار می‌آید.
- کنترل با جهت منفی
زمانی که دمای سیال بالاتر می‌رود، نقطه‌ی تنظیم اختلاف فشار به شکلی خطی از H_{max} تا H_{min} کاهش می‌یابد. برای نمونه، از این روش در بویلرهای چگالشی بهره می‌گیرند، که در آن‌ها دمای بازگشت باید در مقدار حداقلی ثابت نگه داشته شود تا از سیال گرم بیش‌ترین استفاده صورت پذیرد. به این منظور، ضروری است پمپ در مسیر برگشت قرار داده شود.

شیوه‌های عملکرد قابل انتخاب

افت خودکار (Automatic setback) یا هدایت خودکار (Autopilot)

پمپ‌های بدون گلند جدید که به کمک امکانات الکترونیکی کنترل می‌شوند دارای امکان افت خودکار (هدایت خودکار) هستند. در شرایط مشخص سرعت موتور به طور خودکار کم می‌شود تا به میزان ثابتی برسد. این شیوه تضمین می‌کند که میزان توان مصرفی پمپ به حداقل خود رسیده است و برای اکثر موارد عملکرد بهینه می‌باشد.

شیوه‌ی افت خودکار در صورتی عملی می‌شود که سیستم از نظر هیدرولیکی کالیبره شده باشد. اگر نتوان این شرط را در سیستم عملی ساخت، بخش‌هایی که گرمای کم‌تری به آن‌ها می‌رسد ممکن است در زمان یخبندان یخ بزنند.

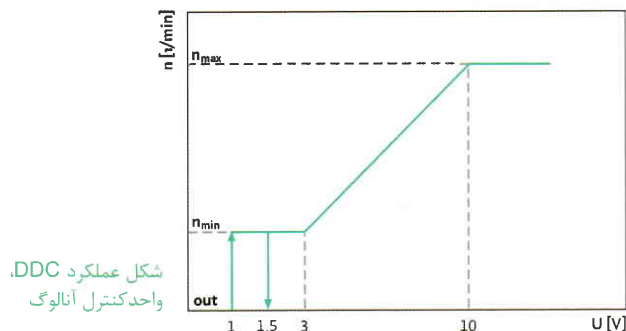
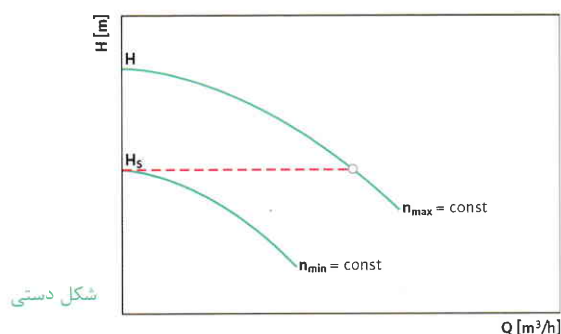
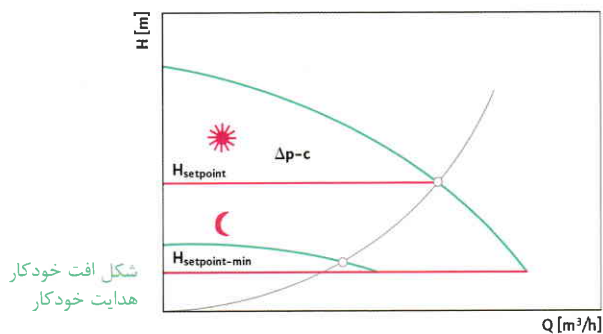
شکل دستی

این شکل از عملکرد برای پمپ‌های کنترل‌شونده‌ی الکترونیکی‌ای به کار می‌آید که توان موتور در آن از حد مشخصی فراتر است. سرعت پمپ به کمک تنظیم‌کننده‌ی الکترونیکی در حد معینی بین n_{max} و n_{min} تنظیم می‌شود. تنظیم دستی، کنترل اختلاف فشار را که توسط این تنظیم‌کننده انجام می‌گیرد متوقف می‌سازد.

DDC (کنترل دیجیتال مستقیم) و اتصال BA (اتصال به سیستم خودکار ساختمان)

در این روش عملکرد، نقطه‌ی تنظیم از طریق سیستم مدیریت مربوط به آن در ساختمان، به تجهیزات الکترونیکی پمپ انتقال می‌یابد. نقطه‌ی تنظیم از مقایسه‌ی مقدار اندازه‌گیری شده با مقدار تنظیم شده به دست می‌آید، و سپس در قالب سیگنال آنالوگ یا یک سیگنال دیجیتال منتقل می‌شود.

منحنی‌های پمپ برای شکل‌های عملکرد گوناگون کنترل



طراحی اولیه‌ی پمپ برای سیستم‌های گرمایشی استاندارد

میزان آب‌دهی موردنیاز یک پمپ بستگی به میزان تلفات گرما در ساختمان موردنظر دارد. اما، هد خروجی را از روی میزان مقاومت ناشی از اصطکاک برآورد می‌کنند. زمانی که یک سیستم گرمایشی تازه نصب می‌شود، این متغیرها را می‌توان به کمک برنامه‌های کامپیوتری معتبر موجود محاسبه کرد. با این وجود، در زمان نوسازی و مرمت سیستم‌های گرمایشی این اندازه‌گیری‌ها دشوارتر می‌شوند. در این حال، برای محاسبه‌ی داده‌های مربوط به ظرفیت پمپ از تخمین‌های گوناگونی استفاده می‌شود.

میزان آب‌دهی پمپ

در زمان نصب یک پمپ جدید در سیستم گرمایشی، به کمک فرمول زیر میزان آب‌دهی تعیین می‌شود:

$$Q_{pu} = \frac{Q_N}{1.163 \cdot \Delta \theta} \quad [m^3/h]$$

Q_{pu} = میزان آب‌دهی پمپ در نقطه‌ی طراحی‌شده، به مترمکعب بر ساعت

Q_N = تلفات حرارتی به کیلووات

1.163 = ظرفیت گرمایی ویژه به $[Wh/kgK]$

$\Delta \theta$ = اختلاف دما میان رفت و برگشت برحسب کلوین؛ در اینجا، ۱۰ تا ۲۰ درجه‌کلوین را می‌توان برای سیستم‌های استاندارد فرض کرد.

هد پمپ

برای انتقال سیال به هر نقطه در درون سیستم، پمپ باید بتواند بر تمامی مقاومت‌های درون سیستم فائق آید. از آنجایی که شناخت مسیر و قطر لوله‌های یک سیستم کار بسیار دشواری است، از فرمول زیر برای تعیین تقریبی هد استفاده می‌شود:

$$H_{pu} = \frac{R \cdot L \cdot ZF}{10.000} \quad [m]$$

R = افت فشار ناشی از اصطکاک در یک لوله‌ی مستقیم برحسب Pa/m . در اینجا، میزان $50 Pa/m$ تا $150 Pa/m$ را می‌توان برای سیستم‌های استاندارد در نظر گرفت (که البته با سال ساخت بنا مرتبط است؛ ساختمان‌های قدیمی‌تر به دلیل استفاده از لوله‌هایی با قطر اسمی بالا افت فشاری کم‌تر از $50 Pa/m$ را نشان می‌دهند).
 L = دورترین مسیر عبور آب در درون سیستم برای رفت و برگشت بر حسب متر یا: (طول خانه + عرض خانه + ارتفاع خانه) $\times 2$
 ZF = ضریب اضافه:

برای قطعات و اتصالات مدولار ۱,۳

برای شیرهای ترموستاتیک ۱,۷

برای شیر مخلوط و شیر یک‌طرفه ۱,۲

و مجموع این قطعات در کنار یکدیگر ZF به ۲,۶ می‌رسد.

10.000 = ضریب تبدیل متر به پاسکال

مثال کاربردی



دیگ موتورخانه در ساختمانی که در آن چند خانوار زندگی می‌کنند و به سبک قدیمی ساخته شده است، بر طبق محاسبات یا مدارک ساخت دارای خروجی‌ای در حد ۵۰ کیلووات می‌باشد.

اگر اختلاف دمای آب رفت و برگشت به ۲۰ درجه کلوین برسد، معادله‌ی زیر به دست می‌آید:

$$Q_{pu} = \frac{50 \text{ kW}}{1,163 \cdot 20 \text{ K}} = 2,15 \text{ m}^3/\text{h}$$

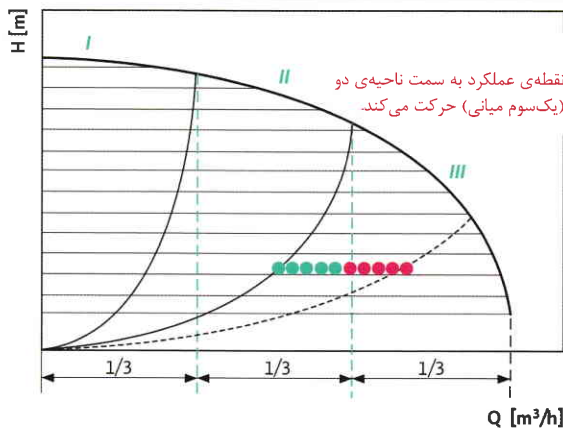
اگر قرار باشد همان ساختمان را با اختلاف دمای کم‌تری، مثلاً ۱۰ K، گرم کنیم، پمپ باید میزان دبی را دو برابر، یعنی ۴,۳ مترمکعب بر ساعت کند تا بتواند انرژی گرمایی لازم را از دیگ به مصرف‌کننده‌ها برساند.

برای این مثال، فرض کنید میزان اتلاف فشار بر اثر اصطکاک در درون لوله‌ها ۵۰ Pa/m باشد و طول خطوط لوله برای رفت و برگشت ۱۵۰ متر شود و ضریب اضافه را نیز ۲,۲ در نظر بگیریم، زیرا در این حال از شیر مخلوط‌کن یا شیر یک‌طرفه استفاده نکرده‌ایم.

در این مورد میزان هد خروجی برابر است با:

$$H_{pu} = \frac{50 \cdot 150 \cdot 2,2}{10.000} = 1,65 \text{ m}$$

نقطه‌ی عملکرد در منحنی پمپی با دبی حجمی متغیر



سطح یک (یک‌سوم سمت چپ): اگر نقطه‌ی عملکرد در این ناحیه است از یک پمپ کوچک‌تر استفاده کنید.

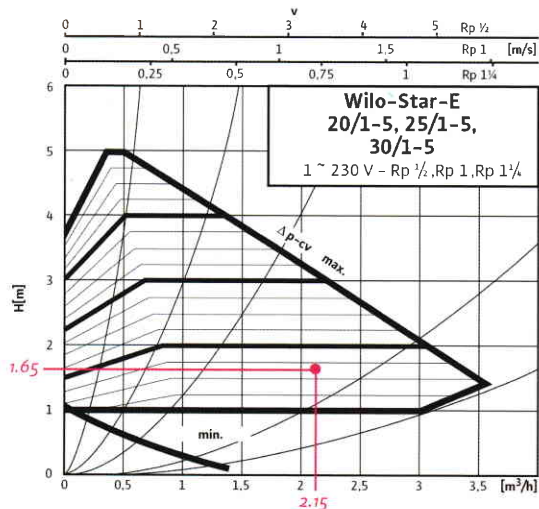
سطح دو (یک‌سوم میانی): پمپ در ۹۸٪ زمان کارکرد خود در محدوده بهینه کار می‌کند.

سطح سه (یک‌سوم سمت راست): پمپ کنترل‌شده فقط وقتی در نامناسب‌ترین محدوده عملکرد خود کار می‌کند که به شرایط طراحی (سردترین/گرم‌ترین روزهای سال)، رسیده باشد که تقریباً ۲٪ زمان کار می‌باشد.

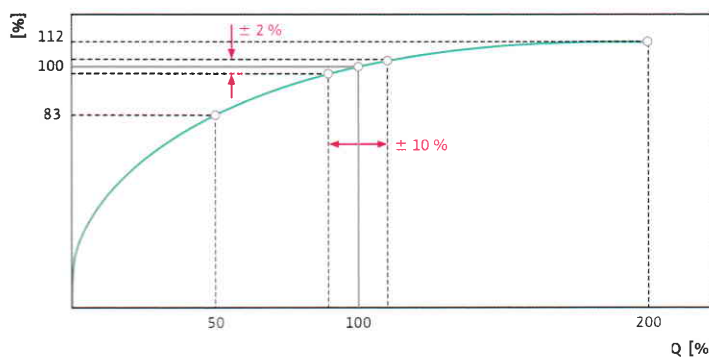
اگر منحنی بازده در زمان انتخاب پمپ در نظر گرفته شود، روشن می‌شود که از لحاظ انرژی یک‌سوم میانی منحنی مناسب‌ترین طیف را در طراحی به دست می‌دهد. از این رو، برای سیستم‌هایی با دبی متغیر، نقطه‌ی طراحی شده باید در یک سوم سمت راست واقع شود، زیرا نقطه‌ی عملکرد پمپ در سیستم گرمایشی به سمت یک‌سوم میانی سوق می‌یابد و در ۹۸٪ زمان عملکرد خود در همین محدوده می‌ماند.

با بیش‌تر شدن مقاومت، منحنی سیستم شیب تندتری می‌یابد، برای نمونه زمانی که شیر ترموستاتیک رادیاتورها بسته باشند.

منحنی‌های پمپ Wilo-EasyStar



نمودار عملکرد رادیاتور



تأثیر انتخاب تخمینی پمپ

اگر مصرف گرما در یک ساختمان با خطوط لوله‌ی نامشخص را تنها بتوان با تقریب برآورد کرد، باید پرسید چنین تخمینی چه تأثیری خواهد داشت. تصویر زیر منحنی خروجی معمول یک رادیاتور در یک اتاق را نمایش می‌دهد.

در اینجا، روابط زیر را می‌توان مشاهده کرد:

اگر میزان جریان، 10% کاهش یابد، خروجی گرما از رادیاتور تنها 2% کاسته می‌شود. مشابه همین امر زمانی اتفاق می‌افتد که میزان جریان 10% افزایش یابد که در این حال، رادیاتورها تنها قادرند تا حدود 2% انرژی حرارتی بیشتری را ساطع کنند. اگر حتی میزان جریان را دو برابر کنیم، خروجی گرما تنها در حدود 12% بالاتر می‌رود.

دلیل این امر آن است که سرعت آب در رادیاتورها مستقیماً با میزان جریان تناسب دارد. افزایش سرعت جریان به معنای کوتاه‌شدن زمان باقی ماندن آب در رادیاتورها است. در سرعت‌های جریان کمتر، سیال زمان بیشتری در اختیار دارد تا گرمای خود را به اتاق بدهد.

از این رو، این تصور که از پمپ‌های بزرگ‌تر از حد لازم استفاده کنیم تا به اصطلاح به «حاشیه‌ی اطمینان» برسیم کاملاً غلط است.

حتی انتخاب پمپ‌هایی در ابعاد بسیار کمتر نیز تأثیر نسبتاً اندکی بر نتایج دارد: در میزان جریان 50%، رادیاتورها همچنان می‌توانند حدود 83% انرژی گرمایی را به اتاق منتقل سازند.

نرم‌افزار انتخاب پمپ

نرم‌افزار انتخاب پمپ Wilo-Select، امکانات کامل و مؤثری را جهت انتخاب پمپ در اختیار قرار می‌دهد. از محاسبه گرفته تا طراحی پمپ و مدارک مربوطه و سایر اطلاعات مورد نیاز شما، در این نرم‌افزار گردآوری شده‌اند.

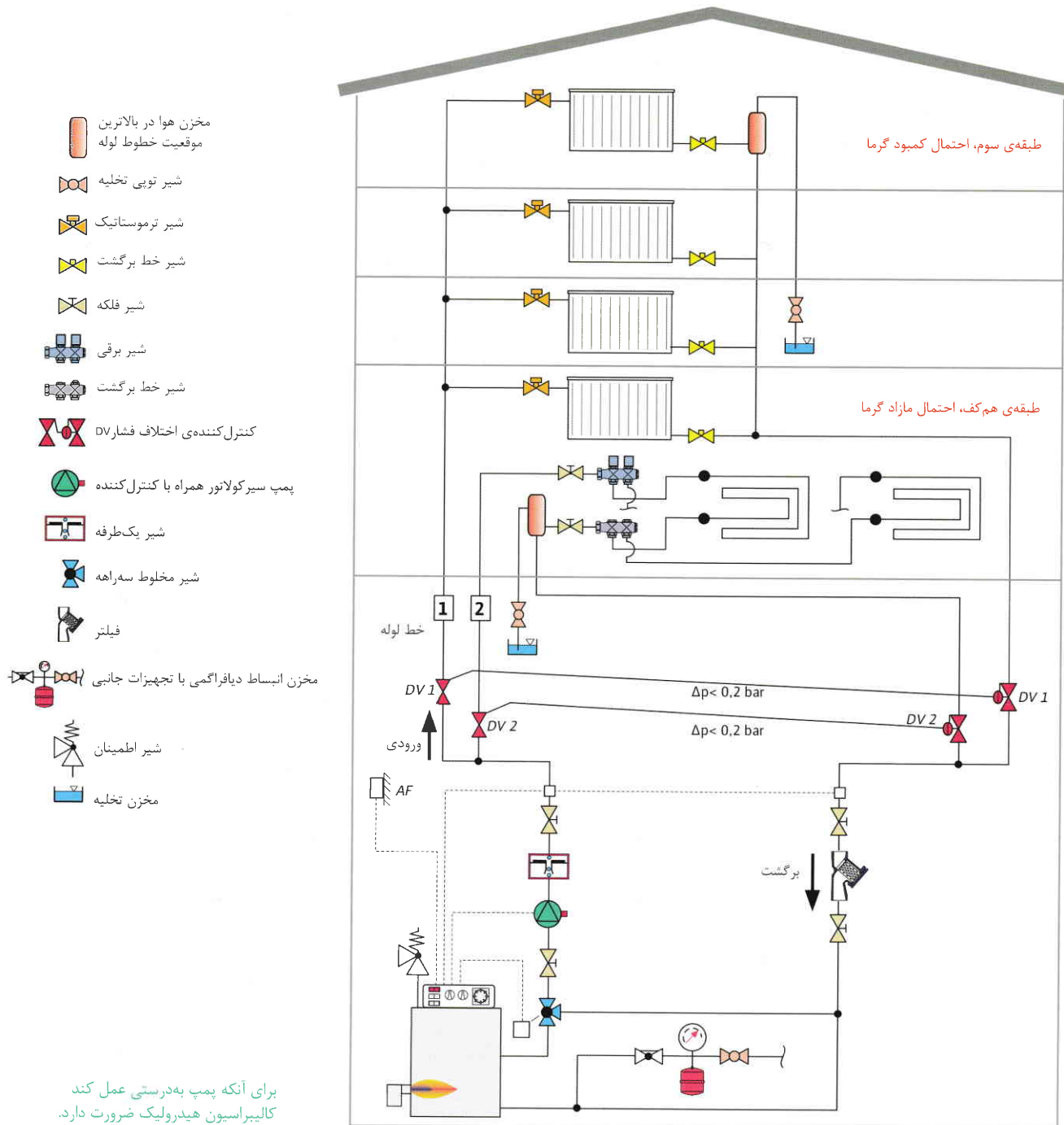
Wilo-Select-Classic یک نرم‌افزار انتخاب پمپ است که از آن می‌توان به‌عنوان یک ابزار کار حرفه‌ای بهره گرفت و بخش‌های آن شامل منوهای زیر می‌گردند:

- محاسبه
- طراحی
- جست‌وجو برای محصول و کاتالوگ آن
- تعویض پمپ
- مدارک
- هزینه‌ی برق و محاسبات استهلاک
- هزینه‌های طول عمر
- انتقال داده‌ها به Acrobat PDF، DXF، GAEB، Datanorm، VDI، CEF
- به‌روزرسانی نرم‌افزار در اینترنت



مثالی از نمودار عملکرد یک رادیاتور ۹۰/۷۰ درجه‌ی سانتیگراد، با دمای اتاق ۲۰ درجه‌ی سانتیگراد

طرح شماتیک یک سیستم گرمایشی با امکان کالیبراسیون هیدرولیک



شرایط هیدرولیک از آغاز تا پایان

برای دستیابی به توزیع بهینه‌ی گرما و کم‌ترین حد سروصدا، کالبراسیون هیدرولیک ضرورت بسیاری دارد.

کالبراسیون هیدرولیک همچنین مانع می‌شود تا گرمای تأمین‌شده بیش از اندازه زیاد یا کم شود.

مقدار اسمی جریان آب در خطوط لوله توسط پمپ فراهم می‌شود. مصرف‌کننده‌ها (نظیر رادیاتورها) تنها بخشی از این خروجی را نیاز دارند و این مقدار به ابعاد و خروجی رادیاتور و همچنین تنظیم ترموستات و شیر کنترل، بستگی دارد.

برای آنکه هر مصرف‌کننده از میزان جریان و فشار کافی برخوردار شود، می‌توان از کنترل‌کننده‌های اختلاف فشار، شیرهای تنظیم در خطوط لوله، شیرهای کنترل و ترموستاتیک از پیش تنظیم‌شده، یا تغییر در لوله‌های مسیر برگشت بهره گرفت.

تنظیم مصرف‌کننده‌ها را می‌توان برطبق مشخصات ارائه‌شده

توسط سازنده با استفاده از شیرها و کنترل‌کننده‌ها به انجام رساند. با وجود این مصرف‌کننده‌ها همواره نیاز دارند تا از فشار اضافی مصون بمانند. برای نمونه، حداکثر فشار پمپ پیش از شیرهای ترموستاتیک در رادیاتورها نباید از حد مشخصی تجاوز کند. اگر سیستم نیاز به فشاری بیش از این مقدار داشته باشد، باید از کنترل‌کننده‌های اختلاف فشار در لوله‌های بالارونده استفاده کرد تا این حد حفظ شود.

به فصل موسوم به «مثال کاربردی»،
صفحه‌ی ۴۶ رجوع کنید.

تنظیم پمپ‌های کنترل شده به شکل الکترونیکی

پمپ‌های امروزی با امکان کنترل سرعت الکترونیکی، شرایط آسانی را برای تنظیم میزان هد خروجی در یک سیستم نامشخص ارائه می‌دهند.

پیش‌نیاز چنین امری آن است که خطوط لوله به‌درستی کالبره شده و هوای سیستم کاملاً تخلیه شده باشد. تمام شیرهای کنترل را باز کنید.

تجهیزات الکترونیکی پمپ از پیچ‌ها و کلیدهای گردان برای تنظیم هد خروجی استفاده می‌کنند. بسته به تولیدکننده، این پیچ‌ها ممکن است دارای درجه‌بندی باشند یا نباشند. باید کار تنظیم را در کم‌ترین هد شروع کنید. از دستیار خود که با استفاده از یک موبایل با شما در تماس است بخواهید که در

محل دورترین رادیاتور در کل سیستم بایستند. پس از آنکه دستیاران به شما گفت که هیچ گرمایی هنوز به آن رادیاتور نرسیده است، آرام‌آرام میزان هد خروجی را با استفاده از کلید گردان افزایش دهید. در این حال، اینرسی سیستم گرمایشی را نیز در نظر بگیرید. زمانی که دورترین رادیاتور از انرژی گرمایی برخوردار گردید، روال تنظیم به پایان می‌رسد.

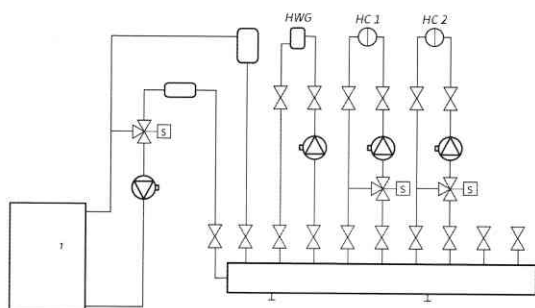
اتصال چند پمپ

خواهد بود.

مثالی از کاربرد: مدارهای چند پمپه (که در آن‌ها پمپ‌ها به شکل سری متصل شده‌اند).

به دلایل کنترلی، سیستم‌های گرمایشی بزرگ شامل چند مدار گرمایش می‌شوند. برخی اوقات، حتی از چند دیگ نیز استفاده می‌شود.

مثالی از یک سیستم با چند مدار گرم‌کننده



پمپ لازم در تولید آب داغ (HWG) و آن‌هایی که برای مدارهای گرم‌کننده به کار می‌آیند HC1 و HC2 مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند. هریک از این سه پمپ به شکل سری با پمپ بویلر در ارتباط هستند. وظیفه‌ی این پمپ رفع مقاومتی است که در مدار دیگ وجود دارد.

ملاحظات نظری در بخش قبل پمپ‌هایی هم‌اندازه در نظر می‌گرفت. اگرچه، همان‌طور که اینجا در نمودار می‌بینیم، ظرفیت پمپ‌ها ممکن است یکسان نباشد.

بنا بر این، چنین شیوه‌ای از نصب در صورتی که میزان جریان پمپ‌ها با یکدیگر منطبق نشده باشند می‌تواند خطرآفرین باشد. اگر فشار تولیدی پمپ دیگ بسیار بالا باشد، این احتمال به وجود می‌آید که پمپ‌های توزیع با فشار ورودی بیش از حد در دهانه‌ی مکش خود مواجه گردند. در نتیجه این پمپ‌ها در عمل دیگر پمپ نبوده و بیش‌تر شبیه توربین (یعنی شبیه ژنراتور) عمل کنند. این مسئله به سرعت باعث آسیب‌رسانی و تخریب پمپ می‌شود.

تمام طرح‌هایی که تاکنون بررسی کردیم بر اساس استفاده از یک پمپ گریز از مرکز بودند. اما، در عمل، موقعیت‌هایی به وجود می‌آیند که در آن‌ها استفاده از یک پمپ با هد ثابت نمی‌تواند نیازها را برطرف سازد.

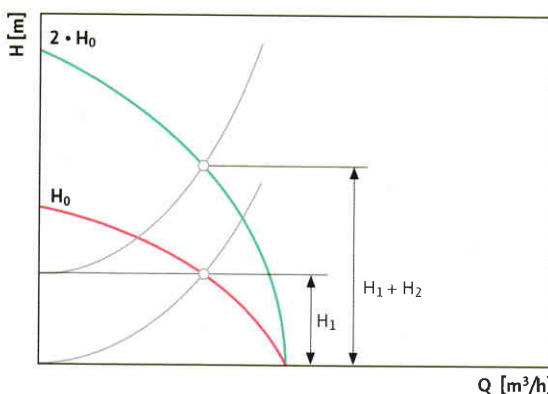
در این‌گونه موارد، از دو یا چند پمپ بهره می‌گیرند و بسته به نوع کاربرد، پمپ‌ها را به شکل سری یا موازی متصل می‌کنند.

پیش از آنکه بحث خود را راجع به کاربردهای عملیاتی خاص آغاز کنیم، بگذارید به یک خطای بسیار رایج اشاره‌ای داشته باشیم. برخلاف شنیده‌ها اتصال دو پمپ همانند به شکل سری باعث نمی‌شود هد خروجی دو برابر شود، یا اتصال آن دو به شکل موازی سبب نمی‌شود که میزان جریان دو برابر شود. با آنکه این نکته از لحاظ نظری درست به نظر می‌آید، اما در عمل به دلیلی مرتبط با سیستم و طراحی آن محال است بتوان به آن دست یافت.

اتصال پمپ‌ها به شکل سری

اگر دو پمپ را پشت هم قرار دهیم، منحنی دو پمپ با یکدیگر جمع می‌گردند و این به آن معنا است که اگر این دو پمپ در مقابل شیرری که بسته است عمل کنند، فشار ایجاد شده روندی صعودی خواهد داشت. از این رو، هد خروجی برای دو پمپ هم‌اندازه، در صورتی که $Q = 0$ باشد، دو برابر می‌شود. در حالت مقابل، یعنی زمانی که پمپ کردن بدون فشار صورت گیرد، دو پمپ نمی‌توانند نسبت به یک پمپ میزان بیش‌تری از سیال را جابه‌جا کنند.

منحنی پمپ برای عملکرد سری

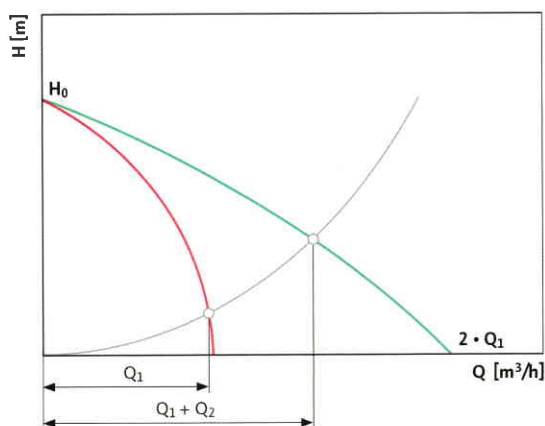


معنای عملی این امر آن است که برای هر دو راستا از عملکرد هیدرولیک سیستم، افزایش به تناسب پدید می‌آید: برای محور عمودی نمودار منحنی، یعنی برای هد خروجی (H)، هرچه نمودار سیستم بیش‌تر به سمت چپ سوق یابد، هد بیش‌تر افزایش می‌یابد.

برای محور افقی، یعنی میزان جریان، افزایش بسیار اندک

اتصال سری دو پمپ در یک بدنه با همان میزان دبی در نقاط دبی ثابت، هدهای خروجی با یکدیگر جمع می‌شوند.

منحنی اتصال موازی



هر دو پمپ در حال عملکرد

اتصال موازی دو پمپ با یک خروجی

مثالی از کاربرد عملکرد موازی:

زمانی که نیاز به انرژی گرمایی به حداکثر خود می‌رسد، پمپ‌های یک و دو با یکدیگر به شکل موازی عمل می‌کنند. در پمپ‌های مدرن، تجهیزات کنترل لازم برای این امر در مدول کنترلی یا در بخش الکترونیکی همراه با لوازم جانبی خود، جای می‌گیرند.

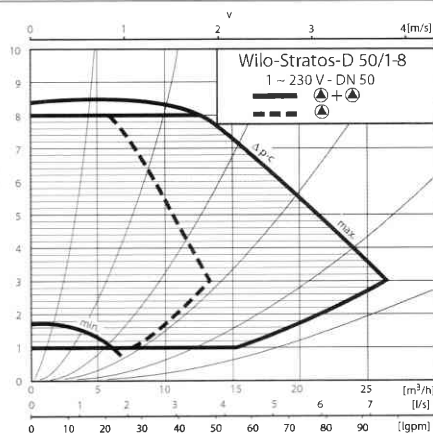
از آنجایی که هریک از دو پمپ می‌تواند در چند پله تنظیم شود، حالت‌های متفاوتی را می‌توان برای تنظیم مجموعه دو پمپ برطبق میزان نیاز به گرما در اختیار داشت.

این موضوع را در منحنی زیر شاهدیم. خطچین نمایانگر منحنی کارکرد هریک از دو پمپ به صورت تک است. خط تیره‌ی توپر منحنی مشترک دو پمپ را در وضعیت عملکرد موازی نشان می‌دهد.

منحنی پمپ Wilo-Stratos D



اتصال موازی دو پمپ با خروجی یکسان



به فصل «تأثیر انتخاب تخمینی پمپ» در صفحه‌ی ۴۷ رجوع کنید.

اگر یکی از دو پمپ از کار بیافتد، بازهم 50% از میزان دبی پمپ خواهد شد که طبق نمودار عملکرد رادیاتور، همچنان به معنای خروج بیش از 83% گرما از رادیاتور خواهد بود.

اتصال پمپ‌ها به شکل موازی

اگر دو پمپ به شکل موازی به یکدیگر وصل شوند منحنی آن دو با یکدیگر جمع می‌شوند و این یعنی زمانی که بدون فشار عمل کنند، یا در مقابل یک لوله‌ی باز قرار گیرند، میزان جریان روندی صعودی می‌یابد. از این رو، حجم پمپاژ دو پمپ هم‌اندازه در فشار صفر دو برابر می‌شود.

قبلا نیز گفتیم که این نقطه در منحنی پمپ صرفاً یک مقدار نظری است.

از سوی دیگر، در زمان $Q = 0$ ، اتصال موازی دو پمپ نمی‌تواند به هد خروجی بیش‌تری نسبت به یک پمپ بیانجامد.

معنای عملی این امر آن است که برای هر دو راستا از عملکرد هیدرولیک سیستم، افزایش به تناسب پدید می‌آید:

برای محور افقی نمودار پمپ، یعنی میزان جریان، هرچه منحنی سیستم بیش‌تر به سمت راست سوق یابد این افزایش نیز بیش‌تر می‌شود.

برای محور عمودی، یعنی هد خروجی، حداکثر افزایش در نیمه‌ی منحنی پمپ به وجود می‌آید.

مثالی از کاربرد پمپ اصلی و اضطراری:

عملیات در حداکثر ظرفیت با چند پمپ

استفاده از چند پمپ، هریک برای پمپاژ بخشی از جریان، در سیستم‌هایی که مستلزم دبی بالا هستند در نظر گرفته می‌شود. نمونه‌ای از این مورد بیمارستانی است که دارای بیست ساختمان است و موتورخانه آن در مرکز قرار دارد.

در چنین مثالی، از پمپ‌های گلنددار بزرگ مجهز به تجهیزات الکترونیکی یکپارچه، به طور موازی استفاده می‌شود. بسته به نیاز سیستم می‌شود از دو یا چند پمپ هم‌اندازه استفاده کرد.

سیستم کنترل با ارسال سیگنال، فشار پمپ را ثابت نگاه می‌دارد (C - Δp).

در این وضعیت، دیگر اهمیت ندارد که چه مقدار دبی از شیر ترموستاتیک رادیاتور عبور می‌کند یا چه تعداد از پمپ‌ها اکنون در حال کار هستند.

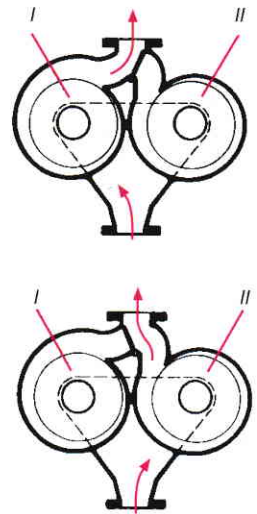
اگر یک چنین سیستمی از نظر هیدرولیکی کالیبره شده باشد، از مدارهایی نیز برای ارزیابی وضعیت گرمادهی در نقاط دور استفاده می‌کند تا بتوان اطمینان یافت گرمای کافی به آن‌ها رسیده است. برای این منظور، یک فرستنده در نقطه‌ای که گرماسانی به آن دشوار است نصب می‌شود و سپس یک سیگنال از فرستنده به بخش کنترل فرستاده می‌شود تا بر حسب آن سیستم را تنظیم کند. بخش کنترل، پمپ‌های متصل به یکدیگر را به نوبت فعال می‌سازد.

وظیفه‌ی یک سیستم گرمایشی گرم کردن محل زندگی در فصل سرما است. از این رو، قرار دادن پمپ اضطراری در یک مدار گرمایشی برای زمان‌هایی که پمپ اصلی از کار می‌افتد بسیار ضروری به نظر می‌رسد. برای مثال، این موضوع را می‌توان به‌وضوح در مورد ساختمان‌های پرواحد، بیمارستان‌ها و مؤسسات دولتی دید.

البته نصب پمپ‌های اضطراری — همراه با لوازم جانبی و تجهیزات آن‌ها — معمولاً هزینه‌های نصب را به‌شدت بالا می‌برد. صنعت پمپ‌سازی برای این مسئله یک راه‌حل بینابین ارائه کرده که همان استفاده از پمپ‌های دوقلو می‌باشد. دو پروانه و موتورهای مربوط به آن‌ها در یک بدنه جاسازی می‌شوند.

در وضعیت عملکرد/ کمکی، پمپ‌های یک و دو به‌نوبت و بر طبق یک برنامه‌ی زمانی (برای نمونه، هرکدام ۲۴ ساعت) کار می‌کنند. زمانی که یکی از دو پمپ کار می‌کند دیگری در حال استراحت می‌ماند. دریچه خروجی پوستره به عنوان قطعه‌ای استاندارد از تجهیزات جانبی مانع می‌شود که سیال به داخل پمپ در حال استراحت بازگردد.

همان‌گونه که در آغاز این بخش گفته شد، از کار افتادن یکی از دو پمپ سبب می‌شود تا یک کلید خودکار، پمپ دیگر را که آماده به کار بوده است به راه اندازد.



پمپ یک یا دو در حال عملکرد

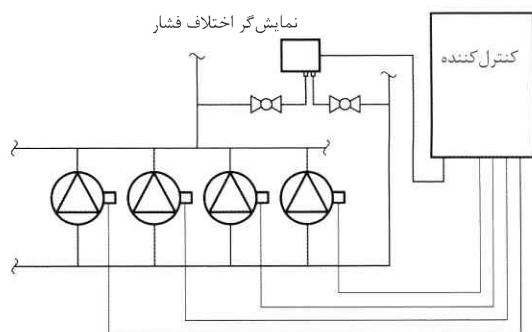
برای دریافت جزوات و تمرین‌ها به کانال تلگرام

Bookletshare.sellfile.ir

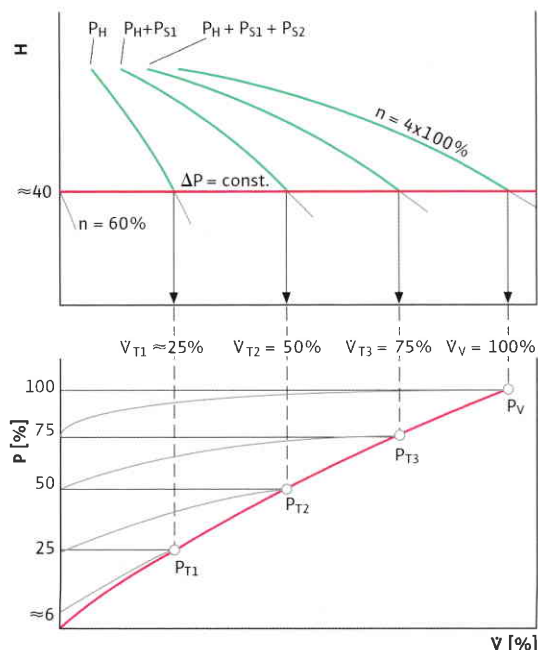
@Bookletshare

مراجعة نماید.

سیستمی دارای چند پمپ با کنترل مداوم در حال تغییر



P_H = پمپ اصلی
 P_S = پمپ تمام بار (۱-۳)
 V_V = میزان جریان در حداکثر بار
 V_T = میزان جریان در بار نسبی
 P_V = توان مصرفی در حداکثر بار
 P_T = توان مصرفی در بار نسبی



برای آن‌که زمان عملکرد پمپ‌ها تا حد امکان یکسان بشود، هرروز یکی از پمپ‌ها به عنوان پمپ اصلی کنترل شده به کار گرفته می‌شود و همین‌طور این چرخه ادامه می‌یابد.

نمودار پایینی میزان صرفه‌جویی که شامل توان مصرفی می‌شود را نشان می‌دهد؛ این موضوع به نوع پمپ به کار رفته بستگی دارد.

در سیستم‌های بزرگ، امتیاز کم‌هزینه بودن عملیات در طول زمان بسیار پراهمیت‌تر از سرمایه‌گذاری ناچیز اولیه‌ای است که صورت می‌گیرد. چهار پمپ کوچک همراه با لوازم الکترونیکی همراه خود و تجهیزات کنترل، قیمتی بیش‌تر از یک پمپ بزرگ بدون بخش کنترل دارند. اما، اگر ما زمان عملیات را در ابتدا ده سال در نظر بگیریم، چندین برابر سرمایه‌گذاری لازم برای چند پمپ و تجهیزات وابسته به آن‌ها در طی کار، به دلیل صرفه‌جویی‌های شکل گرفته جبران می‌شود. یکی از تاثیرات جانبی این سرمایه‌گذاری دستیابی به تامین گرمای بهتر و در عین حال سر و صدای کمتر و هزینه پایین‌تر می‌باشد.

سیستم کاملی که در این مثال مطرح گردید به صورت زیر کنترل می‌شود:

عملکرد کلی پمپ اصلی P_H با کمک تجهیزات الکترونیکی یکپارچه، (با استفاده از سیگنال اختلاف فشار) شروع می‌شود و به‌طور پیوسته میان حداکثر و حداقل سرعت تنظیم می‌شود. این امر باعث می‌شود که دبی جزئی $Q_i=25\%$ به سهولت پوشش داده شود. اگر لازم باشد که میزان جریان بالاتر رود اولین پمپ تمام بار P_{S1} به کمک تجهیزات الکترونیکی خود، فعال می‌شود. کنترل پمپ اصلی P_H همچنان به‌صورت متغیر ادامه می‌یابد، به‌گونه‌ای که بتواند، بسته به نیاز، میزان جریان را بین 25% و 50% نگاه دارد.

این روند زمانی که پمپ‌های بار نسبی P_{S2} و P_{S3} هریک در حداکثر سرعت روشن شود تکرار می‌شود. زمانی که هر چهار پمپ با بیش‌ترین خروجی مشغول کار کردن باشند می‌توان حداکثر نیاز به گرما را در کل بیمارستان تحت پوشش قرار داد؛ همچنین زمانی که نیاز به گرما کاهش می‌یابد، پمپ‌های تمام بار P_{S1} تا P_{S3} با تجهیزات الکترونیکی خود خاموش می‌شوند.

نتیجه گیری

این کتاب در آغاز با استفاده از متن های قدیمی موجود، نخستین ابداعات بشر را در زمینه آبرسانی مورد بررسی قرار داد و در ادامه تصویری کلی از جایگاه و چگونگی به کارگیری پمپ را در اختیار خواننده قرار داد. همچنین در این کتاب رابطه ی متقابل و پیچیده ی عملکرد پمپ و پیشرفت های ایجاد شده در عرصه ی وسایل کنترل الکترونیکی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به مباحث مطرح شده در این کتاب درمی یابیم که در مقایسه با کل سیستم گرمایشی در یک ساختمان، یک پمپ از نظر ابعاد و هزینه ی خرید، بخشی کوچک به حساب می آید. هرچند، این پمپ است که سبب می شود سایر اجزاء به درستی کار کنند. اگر ما این سیستم را با بدن انسان مقایسه کنیم، در این باره هیچ شکی باقی نمی ماند: **پمپ قلب هر سیستم گرمایشی است!**

خود آزمایی

با انتخاب گزینه‌های درست و یا پاسخ به پرسش‌های زیر، دانش خود را از متن کتاب ارزیابی کنید.

تاریخ فن آوری پمپ

آزمون این بخش مربوط است به:

تأمین آب
دفع فاضلاب
فن آوری گرمایش



۱:

الف-پمپ‌ها از دوران باستان وجود داشته‌اند.

ب-پمپ‌های برای گرمادهی اختراع شدند.

ج-پمپ‌ها تنها برای جا به جا کردن آب به کار می آیند.

۲:

الف-ارشمیدس چرخ آب کاسه‌ای شکل را ابداع کرد.

ب-چینی ها پمپ گریز از مرکز را اختراع کردند.

ج-مقدار شیب پیچ ارشمیدس تعیین کننده ی میزان انتقال سیال است.

۳:

الف-اولین لوله کشی فاضلاب در سال ۱۸۵۶ ساخته شد.

ب-کلوناکا ماکسیما (Cloaca Maxima) در روم ساخته شد.

ج-باید برای تمامی محل های فاضلاب سیستم جمع آوری در نظر گرفته شود.

۴:

الف-آلمانی‌های باستان از همان آغاز نیز دارای سیستم گرمایش مرکزی بودند.

ب-رومی‌ها در زمان خود روش گرمادهی از کف را ابداع کردند.

ج-موتورهای بخار در سده ی هفدهم برای گرم کردن خانه‌ها به کار گرفته شدند.

۵:

الف-اصطلاح «سیستم‌های گرمایشی - گرانشی» اشاره‌ای است به سنگینی پمپ‌هایی که در این سیستم‌ها کار می کنند.

ب-سیستم‌های گرمایشی با بخار در محدوده دمای ۹۰ تا ۱۰۰ درجه ی سانتیگراد کار می کنند.

ج-سیستم‌های گرمایشی کم دما تنها به دلیل استفاده از پمپ گردش آب ممکن می شوند.

۶:

برای کدامیک از این کاربردها، پمپ قرن‌ها است که به کار می آید؟

الف-آبرسانی

ب-سیستم‌های گرمایشی با بخار

ج-سیستم‌های گرمایشی-گرانشی

۷:

الف-شتاب‌دهنده ی گردش آب که در ۱۹۲۹ به ثبت رسید در اصل پیشرفتی دیگر در ساختار پمپ‌های رایج در سیستم‌های گرمایشی بود.

ب-این شتاب‌دهنده اولین پمپی بود که برای نصب در لوله‌ها در سیستم گرمایشی در نظر گرفته می‌شد.

۸:

پمپ را با کدامیک از اندام‌ها در بدن انسان می‌توان مقایسه کرد؟

الف-دست‌ها

ب-قلب

ج-سر

۹:

مزیت استفاده از پمپ سیرکولاتور:

الف-هزینه ی نصب پایین‌تر

ب-هزینه کارکرد قابل کنترل

ج-کنترل قابل تنظیم

د-تمام موارد فوق

پاسخ‌های درست: ۱: الف، ۲: ج، ۳: ب، ۴: ب، ۵: ج، ۶: الف،

۷: ب، ۸: ب، ۹: د

آب به عنوان وسیله‌ی انتقال گرما



آزمون این بخش مربوط است به:

ظرفیت گرمایی
افزایش و کاهش حجم
فشار

۱:

آب چه زمانی منبسط می‌شود؟
الف- زمانی که به دمای بیش از صفر درجه سانتیگراد برسد.
ب- زمانی که به دمای زیر صفر درجه سانتیگراد برسد.
ج- زمانی که در دمای ۴ درجه سانتیگراد گرم یاسرد شود.

۲:

کدام یک از این سه اصطلاح معادل اند:
الف- کار، خروجی و بازده
ب- کار، انرژی و میزان گرما
ج- کار، حرارت و توان

۳:

کدام یک از این موارد زمانی که آب گرم می‌شود درست است:
الف- سبک‌تر می‌شود.
ب- سنگین‌تر می‌شود.
ج- دانسیته‌اش ثابت می‌ماند.

۴:

زمانی که آب به نقطه‌ی جوش می‌رسد دمایش چه می‌شود؟
الف- باز هم بیش‌تر می‌شود.
ب- در همان نقطه‌ی جوش باقی می‌ماند.
ج- شروع به کم شدن می‌کند.

۵:

چگونه می‌توان از کلویتاسیون ممانعت کرد؟
الف- با انتخاب پمپی که فشار ورودی موردنیاز در آن کم‌تر باشد.
ب- با کاهش فشار استاتیک
ج- با افزایش فشار بخار

۶:

میزان انرژی گرمایی در آب به کدام یک از عوامل زیر وابسته است:
الف- ظرفیت گرمایی آب
ب- جرم آب در حال جابه‌جایی
ج- اختلاف دمای خط رفت و برگشت
د- این امر بستگی به هر سه‌ی این عوامل دارد.

۷:

کدام یک از این‌ها سبب می‌شود تا سیستم گرمایشی-گرانشی بهتر کار کند؟
الف- مقاومت کم‌تر لوله‌ها
ب- مقاومت بیش‌تر لوله‌ها

۸:

کدام یک از موارد زیر نقش شیر اطمینان است؟
الف- برای تهویه و خارج کردن هوا در سیستم
ب- برای محافظت از سیستم در برابر فشار اضافی
ج- هیچ کدام؛ این عامل زمانی که پمپ‌های الکترونیکی به کار می‌آیند دیگر استفاده‌ای ندارد.

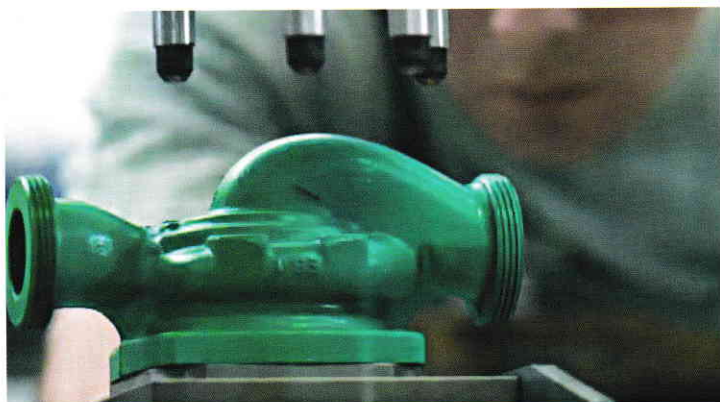
پاسخ‌های درست:

۱: ج، ۲: ب، ۳: الف، ۴: ب، ۵: الف، ۶: د، ۷: الف، ۸: ب

ویژگی‌های طراحی

آزمون این بخش مربوط است به:

پمپ‌های خودمکش و غیر خودمکش
پمپ‌های بدون گلند
پمپ‌های گلنددار



۱:

کدام یک از موارد زیر در مورد ارتفاع مکش صحت دارد؟
الف- این عامل بستگی به فشار هوا دارد.
ب- از لحاظ نظری اندازه‌ی آن ۱۰,۳۳ متر است.
ج- بر هد خروجی تأثیر می‌گذارد.
د- سه جمله‌ی بالا همه درست هستند.

۲:

کدام یک از موارد زیر در باره‌ی پمپ خودمکش درست است:
الف- بسته به شرایطی این پمپ‌ها می‌توانند هوای خط مکش را تخلیه کنند.
ب- خط مکش باید تا حد امکان کوتاه باشد.
ج- این پمپ‌ها باید پیش از آغاز به کار اولیه پر شوند.
د- همه‌ی موارد فوق درست هستند.

۳:

آب گرم داخل «محفظه» در پمپ بدون گلند چه نقشی دارد؟

الف- خنک کردن و روان کاری
ب- پشتیبانی از هد خروجی
ج- هیچ نقش عمده‌ای ندارد.

۴:

مزایای پمپ‌های بدون گلند چه چیزهایی هستند؟
الف- بازده خوب
ب- دماهای بالا در مدار گرمایش
ج- عملکرد روان و بی‌نیاز از نگهداری

۵:

توصیه می‌شود پمپ‌های گلنددار درون خط لوله را در کدام یک از موقعیت‌های زیر نصب کنند؟
الف- در حالی که محور به شکل عمودی است.
ب- در حالی که محور به شکل افقی است.
ج- هر موقعیتی ممکن است، اگر موتور رو به پایین قرار نگرفته باشد.

۶:

پمپ‌های گلنددار برای کدام کاربرد استفاده دارند؟
الف- میزان جریان کم
ب- میزان جریان زیاد
ج- زمانی که موتور بدون روان کاری، کار می‌کند.

۷:

کدام یک از نسبت‌های زیر برابر با بازده پمپ است؟
الف- نسبت دهانه‌ی تخلیه به دهانه‌ی مکش
ب- نسبت توان موتور به توان خروجی
ج- نسبت توان خروجی به توان ورودی

۸:

کدام ناحیه نمایان‌گر بالاترین بازده برای پمپ گریز از مرکز است؟
الف- یک‌سوم سمت چپ منحنی پمپ
ب- یک‌سوم میانی منحنی پمپ
ج- یک‌سوم سمت راست منحنی پمپ

۹:

کدام یک از گزاره‌های زیر در باره‌ی آب‌بندی‌های مکانیکی صحت دارد؟
الف- شامل کنف و الیاف مصنوعی می‌گردند.
ب- این‌ها در اصل برینگ‌هایی برای محور هستند.
ج- از آن‌ها برای پمپ‌های گلنددار استفاده می‌کنند.

پاسخ‌های درست:

۱: د، ۲: د، ۳: الف، ۴: ج، ۵: ج، ۶: ب، ۷: ج، ۸: ب، ۹: ج

منحنی‌ها

آزمون این بخش مربوط است به:

منحنی پمپ
منحنی سیستم
نقطه‌ی عملکرد



۱:

کدام یک از مطالب زیر درباره‌ی انرژی الکتریکی موتور صحت دارد؟
الف- این انرژی به فشار تبدیل می‌شود.
ب- این انرژی به تقویت فشار و حرکت تبدیل می‌شود.
ج- این انرژی از انرژی هیدرولیک به دست می‌آید.

۲:

محورهای مختصات در منحنی پمپ چه چیزهایی را نشان می‌دهند؟
الف- هد خروجی در محور عمودی و میزان آبدهی در محور افقی
ب- آبدهی در محور عمودی و هد خروجی در محور افقی
ج- انرژی در محور عمودی و نوع سیال در محور افقی

۳:

منحنی سیستم چه چیزی را نشان می‌دهد؟
الف- افزایش مقاومت خط با افزایش دبی
ب- افزایش آبدهی با افزایش فشار
ج- تغییر آبدهی با سرعت آب

۴:

مقاومت ناشی از اصطکاک در لوله‌ها به چه شکل تغییر می‌کند؟
الف- به شکل خطی نسبت به آبدهی
ب- با توان دوی آبدهی
ج- با توان سه‌ی آبدهی

۵:

کدام یک از عوامل زیر را باید برای طراحی هد خروجی، که توسط پمپ سیرکولاتور ایجاد می‌شود، در نظر گرفت؟
الف- ارتفاع ساختمان
ب- مقاومت شبکه‌ی لوله‌ها
ج- هر دو عامل فوق

۶:

کدام یک از این موارد را باید در طراحی آبدهی پمپ سیرکولاتور، در نظر گرفت؟
الف- متوسط دمای بیرون
ب- دمای مطلوب داخل ساختمان
ج- مقدار نیاز محاسبه‌شده برای گرما

پاسخ‌های درست:

۱: ب، ۲: الف، ۳: الف، ۴: ب، ۵: ب، ۶: ج

تنظیم پمپ بر حسب نیاز به گرما

آزمون این بخش مربوط است به:



نوسانات هوا
کنترل سرعت پمپ
کنترل سرعت متغیر به شکل دقیق
شیوه‌های کنترل

۶:

کدام یک از موارد زیر در پمپ‌های کنترل‌شونده‌ی الکترونیکی قابل تنظیم‌اند؟
الف-نیاز به گرما
ب-طول عمر سیستم
ج-هد خروجی

۷:

کدام یک از این‌ها برای شیوه‌ی کنترل اختلاف فشار $\Delta p - c$ صحیح است؟
الف-مقدار آب‌دهی با سرعت ثابت افزایش می‌یابد.
ب-سرعت با مقدار آب‌دهی موردنیاز تنظیم می‌شود.
ج-فشار ورودی مخزن انبساط دیافراگمی در تمام زمان‌ها ثابت می‌ماند.

۸:

کدام یک از این‌ها برای حالت افت خودکار (هدایت خودکار) درست است؟
الف-این حالت با یک تایمر کنترل می‌شود.
ب-این حالت بستگی به دمای اتاق دارد.
ج-این حالت تنها در صورتی که سیستم از لحاظ هیدرولیکی کالیبره شده باشد عملی است.

۹:

کدام یک از موارد زیر در مورد آخرین فن‌آوری پمپ‌های ECM (پربازده) درست است؟
الف-روتور شامل یک مغناطیس دائمی است.
ب-این پمپ‌ها می‌توانند نسبت به پمپ‌های عادی در هزینه‌های عملیات تا 80% صرفه‌جویی را ممکن سازند.
ج-چرخش روتور به کمک یک مبدل فرکانس انجام می‌پذیرد.
د-سه مورد بالا گویای آن هستند که این پمپ‌ها به صرفه‌ترین پمپ‌های بدون گلند هستند که اینک موجودند.

پاسخ‌های درست:

۱: ب، ۲: الف، ۳: الف، ۴: ج، ۵: الف، ۶: ج، ۷: ب، ۸: ج، ۹: د

۱:

کدام یک از موارد زیر درباره‌ی نیاز به گرما در یک ساختمان درست است؟
الف-همواره ثابت می‌ماند.
ب-بسته به فصل تغییر می‌کند.
ج-هر سال نسبت به سال قبل بیش‌تر می‌شود.

۲:

وقتی نیاز به گرما تغییر می‌کند چه اتفاقی می‌افتد؟
الف-شیرهای ترموستاتیک رادیاتورهای تنظیم می‌شوند.
ب-پنجره‌ها تنظیم می‌شوند. (باز/بسته می‌شوند).
ج-فشار سیستم خود را تنظیم می‌کند.

۳:

به چه دلیل سرعت پمپ‌ها تغییر می‌کند؟
الف-برای تنظیم میزان دبی موردنیاز
ب-برای باز کردن شیر سرریز
ج-برای جبران خطاهای موجود در طراحی پمپ

۴:

سرعت پمپ چگونه تغییر می‌کند؟
الف-همواره به شکل دستی
ب-همواره به شکل خودکار
ج-بسته به تجهیزات به کار رفته می‌تواند به شکل دستی یا خودکار باشد.

۵:

کدام یک از موارد زیر را می‌توان در باره‌ی کنترل سرعت پیوسته درست دانست؟
الف-این روش از کنترل سرعت پله‌ای بهتر است.
ب-این روش از کنترل سرعت پله‌ای بدتر است.
ج-این روش همان نتایج روش پله‌ای را دارا است.

طراحی اولیه ی پمپ

آزمون این بخش مربوط است به:

میزان آب‌دهی پمپ
هد خروجی پمپ
طراحی پمپ
کالیبراسیون هیدرولیکی



۱:

چگونه می‌توان یک پمپ سیرکولاتور را انتخاب کرد؟
الف- با توجه به قطر اسمی مشخص شده برای آن
ب- بسته به ملاحظات مربوط به قیمت
ج- بسته به داده‌های مربوط به دبی

۲:

با افزایش 100 % دبی پمپ، چه اتفاقی می‌افتد؟
الف- خروجی گرما حدود 2% کاهش می‌یابد.
ب- خروجی گرما حدود 12% بیش‌تر می‌شود.
ج- خروجی گرما همان اندازه می‌ماند.

۳:

زمانی که درباره‌ی انتخاب پمپ مناسب شک داریم باید چه کنیم؟
الف- پمپ کوچک‌تر را انتخاب کنیم.
ب- پمپ بزرگ‌تر را انتخاب کنیم.
ج- پمپ ارزان‌تر را انتخاب کنیم.

۴:

پمپ در سیستم‌های پمپاژ برای کدام‌یک از متغیرهای زیر طراحی می‌شود؟
الف- هد استاتیکی
ب- فشار باقی‌مانده در سیال
ج- مقاومت ناشی از اصطکاک در لوله‌ها
د- هر سه متغیر بالا

۵:

در یک سیستم گرمایشی، هد خروجی را برای کدام‌یک از متغیرهای زیر باید طراحی کرد؟
الف- هد استاتیک
ب- فشار باقی‌مانده در سیال
ج- مقاومت ناشی از اصطکاک در لوله‌ها
د- هر سه متغیر فوق

۶:

به چه دلیل سیستم‌های گرمایشی کالیبره می‌شوند؟
الف- برای دستیابی به توزیع بهینه‌ی گرما
ب- برای آنکه سیستم با کم‌ترین سروصدا کار کند.
ج- برای اطمینان از آن که مصرف‌کننده‌ها بیش از حداکثر یا کمتر از حداقل دبی دریافت نمی‌کند
د- هر سه عامل فوق درست و به یک اندازه مهم هستند.

۷:

زمانی که میزان هد موردنیاز نامعلوم باشد، روش درست برای تنظیم پمپ چیست؟
الف- بهترین راه استفاده از کمک یک دستیار است.
ب- تنظیم پس از تهویه‌ی کامل و کالیبراسیون هیدرولیکی سیستم صورت می‌پذیرد.
ج- انجام تنظیمات از پایین‌ترین نقطه نصب شروع می‌شود.
د- سپس کنترل می‌شود که انرژی گرمایی کافی برای دورترین رادیاتورها فراهم شود.
ه- تنظیم وقتی پایان می‌یابد که تمام چهار مورد فوق به دست آمده باشند.

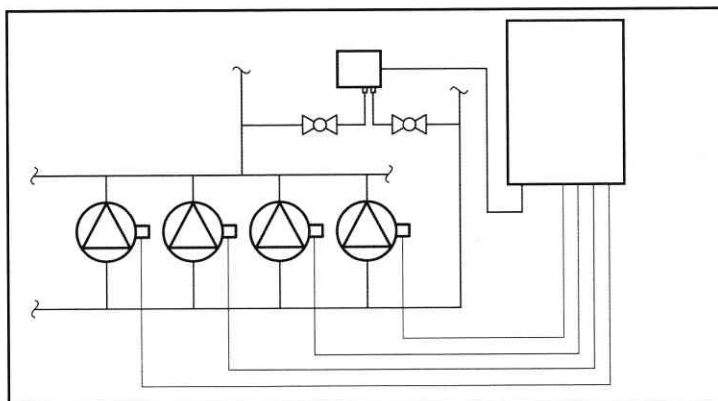
پاسخ‌های درست:

۱: ج، ۲: ب، ۳: الف، ۴: د، ۵: ج، ۶: د، ۷: ه

اتصال چند پمپ

آزمون این بخش مربوط است به:

پمپ‌ها در اتصال سری
 پمپ‌ها در اتصال موازی
 عملیات با حداکثر بار با چند پمپ



۱:

چه اتفاقی می‌افتد وقتی دو پمپ به شکل سری متصل می‌شوند؟
 الف-هد خروجی دوبرابر می‌شود.
 ب-میزان جریان دوبرابر می‌شود.
 ج-تغییر بستگی به منحنی سیستم دارد.

۶:

نام آن شیوه از کنترل که در آن یک فرستنده سیگنال در داخل سیستم و دور از سوئیچ‌ها نصب می‌شود چیست؟
 الف-کنترل مرکز ثقل
 ب-کنترل دشوار
 ج-کنترل از نقطه‌ی دور

۲:

چه خطری وجود دارد وقتی که پمپ‌ها را به شکل سری متصل می‌کنیم؟
 الف-پمپ به عنوان یک ژنراتور عمل کرده و هد را کاهش می‌دهد.
 ب-خروجی پمپ‌ها به صفر تقلیل می‌یابد.
 ج-این امر باعث کاهش دبی در سیستم می‌شود.

۷:

هنگامی که پمپ‌ها به شکل موازی به یک کنترل کننده وصل شده‌اند چه مواردی باید رعایت شود؟
 الف-پمپ‌ها باید یک اندازه داشته باشند.
 ب-پمپ‌ها باید کم سرعت باشند.
 ج-پمپ‌ها باید پرسرعت باشند.

پاسخ‌های درست:

۱: ج، ۲: الف، ۳: ج، ۴: ج، ۵: ج، ۶: ج، ۷: الف

۳:

چه اتفاقی می‌افتد وقتی دو پمپ به شکل موازی متصل می‌شوند؟
 الف-هد خروجی دوبرابر می‌شود.
 ب-میزان دبی دوبرابر می‌شود.
 ج-تغییر بستگی به منحنی سیستم دارد.

۴:

در کدام حالت می‌توان از پمپ‌های دوقلو استفاده کرد؟
 الف-نخست در حالت عملکرد/اضطرابی
 ب-نخست در حالت عملکرد/کمکی
 ج-پمپ‌ها می‌توانند در هر دو حالت عمل کنند.

۵:

در سیستم‌های بزرگ از تقسیم خروجی بین چند پمپ چه سودی عاید ما می‌شود؟
 الف-هزینه کم‌تر عملیات
 ب-طول عمر بیش‌تر پمپ‌ها
 ج-هر دو گزینه‌ی فوق

واحدهای اندازه گیری پارامترها در پمپ‌های گریز از مرکز

متغیرهای فیزیکی	نماد	واحدهای اندازه گیری رسمی			واحدهای اندازه گیری منسوخ شده	واحدهای اندازه گیری توصیه شده	ملاحظات
		SI		دیگر واحدهای اندازه گیری			
طول	l	m	Metre	km, dm, cm, mm		m	واحد پایه
حجم	V	m ³		dm ³ , cm ³	cbm, cdm, ...	m ³	
آب دهی - دبی حجمی	Q V	m ³ /s		m ³ /h, l/s		l/s and m ³ /s	
زمان	t	s	Second	s, ms, μ s, ns, ... min, h, d		s	واحد پایه
سرعت	n	rps		rpm		rpm	
جرم	m	kg	Kilogram	g, mg, g, Ton (1 t = 1,000 kg)	Pound, Hundred-weight	kg	واحد پایه (جرم هر کالا را همان وزن آن می گیرند).
دانشسته-چگالی	ρ	kg/m ³		kg/dm ³		kg/dm ³ kg/m ³	واحد پایه، اصطلاح «وزن مخصوص» دیگر به کار نمی رود، زیرا گنگ است. (به DIN1305 نگاه کنید)
نیرو	F	N	Newton (=kg/s ²)	kN, mN, μ N, ...	kp, Mp, ...	N	نیروی گرانشی حاصل ضرب جرم در شتاب جاذبه g است.
فشار	P	Pa	Pascal (=N/m ²)	Bar (1 bar=10 ⁵ Pa)	kp/cm ² , at, m head of water, Torr, ...	bar	1 at= 0.981 bar =9.81.10 ⁴ Pa 1mm Hg=1.333 mbar 1 mm head of water =0.098 mbar
انرژی، کار، میزان گرما	W, Q	J	Joule (=Nm=Ws)	kJ, Ws, kWh, ... 1kW h=3,600kJ	kp m, kcal, cal WE	J and kJ	1 kp m=9.81J 1 kcal=4.1868 kJ
هد پمپ	H	m	Metre		M Fl. S.	m	هد پمپ کاری است که بر روی واحد جرم سیال صورت می گیرد (J=N.m)، که بر اساس نیروی گرانشی (جاذبه) و بر حسب N معرفی می شود.
توان	P	W	Watt (=J/s=N m/s)	MW, kW	kp m/s, horsepower	kW	1kp m/s=9.81 W 1horsepower=736W
اختلاف دما	T	K	Kelvin	°C	°K, deg.	K	واحد پایه



سوپرپایپ اینترناتینال (سهامی خاص)

SUPERPIPE INTERNATIONAL

دفتر مرکزی قشم:

خلیج فارس، منطقه آزاد قشم، شهرک صنعتی تولا
تلفن: ۳۵۳۴۰۳۴۰ (۰۷۶)، دورنگار: ۳۵۳۴۰۵۲۲ (۰۷۶)

دفتر هماهنگی تهران:

خیابان مطهری، بعد از خیابان مفتح، شماره ۱۵۹

تهران ۳۸۵۱۱-۱۵۷۶۶

صندوق پستی: ۴۱۹۱-۱۵۸۷۵

تلفن: ۸۸۷۵۶۱۶۹، دورنگار: ۸۸۷۳۱۱۵۹

پست الکترونیک: info@superpipe.com

وبسایت: www.superpipe.ir

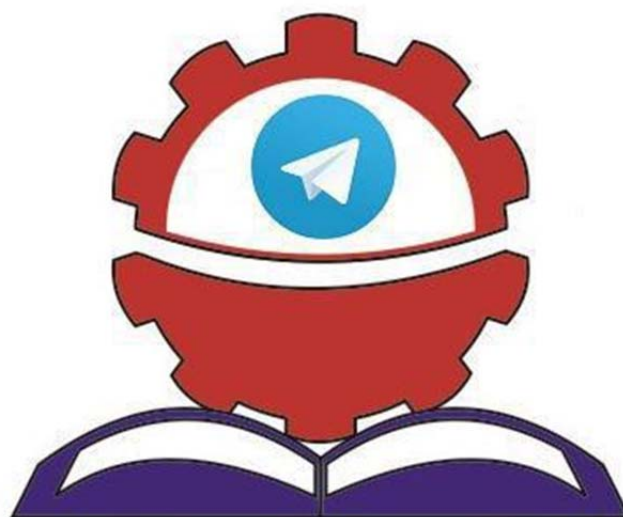


برای دسترسی به مفیدترین و کاربردی ترین اطلاعات در زمینه های تخصصی

مهندسی مکانیک ، پایپینگ و تاسیسات مکانیکی

هم اکنون از طریق آدرس زیر به برترین کانال مهندسی مکانیک در شبکه تلگرام پیوندید :

انجمن مهندسان مکانیک
@MechEngineers



انجمن مهندسان مکانیک

کانال تخصصی مهندسين مکانیک در تلگرام

به مدیریت مهندس **فرشاد سرایی**

<https://telegram.me/MechEngineers>



برای دسترسی به مفیدترین و کاربردی ترین اطلاعات و جدیدترین اخبار و بخشنامه های سازمان نظام مهندسی ساختمان در موضوع

طراحی ، اجرا ، نظارت و بازرسی لوله کشی گاز ، آبفا و آتش نشانی

هم اکنون از طریق آدرس زیر به برترین کانال گاز ، آبفا و آتش نشانی در شبکه تلگرام پیوندید :

کانون بازرسان گاز-آبفا-آتش نشانی

@GasInspector



کانون بازرسان گاز-آبفا-آتش نشانی

کانال تخصصی ویژه مهندسان بازرسان گاز ، آبفا و آتش نشانی سازمان نظام مهندسی
به مدیریت مهندس فرشاد سرایی

<https://Telegram.me/GasInspector>