اختلاف فشار اضافی

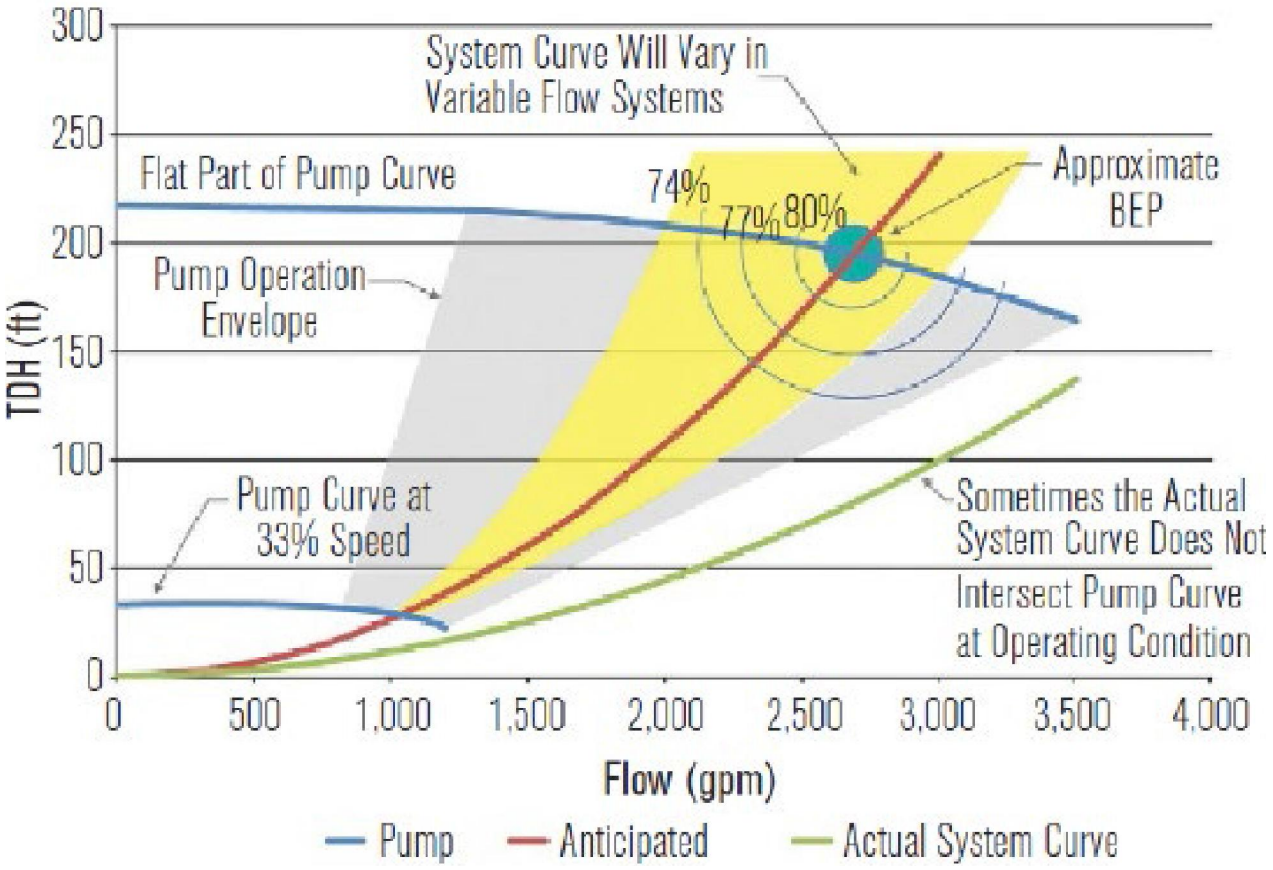
توانایی بارهای متصل در کنترل دبی آب خنک‌کننده و حداکثرساختن اختلاف دمای آب می‌تواند بر راندمان سیستم آب خنک‌کننده اثرگذار باشد. کارکرد سیستم در اختلاف فشارهای بالاتر به شیرهای کنترلی نیاز دارد که بتوانند افت فشار، هدر رفت انرژی و اضافه کردن بار سرمایی اضافی غیر ضروری را نیز تأمین نمایند. این افت فشار منجر به هدر رفت انرژی و توان سیستم پمپاژ می‌شود. نقطه شروع خوب برای اجتناب از این اشکال، انتخاب سیستم‌های توزیع آب خنک‌کننده مناسب و استفاده از سایزینگ لوله اب مقرون به صرفه است. اغلب سیستم‌های بزرگ زیر زمینی توزیع آب سرد خنک‌کننده طول عمری برابر ۵۰ سال دارند. با توجه به تجربیات نویسنده سیستم‌های توزیع آب سرد خنک‌کننده عموماً در اختلاف دمای بالاتر و هنگامی که افت فشار یا هد کمتر از ۱۰۰ فوت (۳۰۰ kPa) را تأمین می‌نمایند بهتر عمل می‌کنند. به طور معمول سیستم‌هایی که نیاز به افت فشار کمتری در خط اصلی توزیع لوله کشی دارند، نسبت به سیستم‌هایی با اختلاف فشار بالا در خط اصلی عملکرد بهتری دارند. این مسئله به اغلب ساختمان‌ها این امکان را می‌دهد تا در اختلاف فشار مشابه کار کنند.

آّب در دمای ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵,۵ درجه سانتیگراد) چگالی برابر با ۶۲,۳ lb/sqft (۹۹۸ kg/sqm) دارد، بنابراین انرژی پمپ به طور مستقیم با دبی و هد مطابق زیر متناسب است:

$$Pump\ HP = \frac{GPM \times head}{3.960 \times \eta_{pump}} \qquad ۲$$

$$Pump\ kW = \frac{GPM \times head}{1000 \times \eta_{pump}} \qquad ۳$$

انرژی پمپاژ را در سیستم‌های موجود توزیع می‌توان با محاسبهٔ اختلاف فشار مجموعه بارهای متصل محاسبه کرد، تا بتوان برآوردی ارائه داد که آیا استفاده از پمپ ای بوستر دور متغیر برای ساختمان‌های غیر مجزا می‌تواند انرژی پمپاژ سیستم را کاهش دهد یا نه. شکل ۱ مثالی از مدلسازی هیدرولیکی فضای دانشگاه را نشان می‌دهد که واحد چیلر مرکزی موجود از واحد پمپاژ ثانویه‌ای برای پمپ کردن کل ساختمان‌های متصل استفاده می کند.



شکل ۲. منحنی عملکرد پمپ و سیستم

نمودار هد اضافی مورد نیاز پمپ‌های ثانویه برای گردش جریان طراحی در هر یک از ساختمان‌ها را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود ساختمان شماره ۱ به صورت هیدرولیکی فعال بوده و TDH مورد نیاز پمپ‌های ثانویه را تأمین می‌نماید. ساختمان ۱۵ به ۱۰۴ فوت (۳۱۱ kPa) هد فشار اضافی در ماکزیمم جریان طراحی خود نیاز دارد. مدلسازی تخمین می زند که استفاده از بوسترپمپ‌های VFD غیر مجزا با سرعت متغیر در ساختمان‌های ۱ تا ۵ باعث کاهش TDH در خط اصلی تا حدود ۵۴ فوت (۱۶۱ kPa) خواهد شد که منجر به کاهش مصرف انرژی و اختلاف فشار سیستم می‌شود. این نوع از تحلیل‌ها برای مشخص کردن نیازهای خروجی برای الزامات سیستم با TDH بالاتر می‌شود مفید هستند. در برخی موارد، تغییر ساده لوله‌کشی و شیرهای موجود، الزامات پمپ ساختمان را بین ۱۰ تا ۱۵ فوت (۳۰–۴۵ kPa) کمتر می‌کند.

تغییرات بوستر پمپ‌ها در ساختمان شماره ۱ تا ۵ باعث صرفه جویی در مصرف انرژی تا میزان ۱۱۹ bhp (۸۹ kW) خواهد شد. از مزایای ثانویه این اقدام می‌توان به فشار کمتر توزیع اشاره کرد که باعث می‌شود ساختمان‌ها بهتر کارکنند زیرا آن‌ها دیگر احتیاج ندارند تا اختلاف فشار اضافی که در خط ایجاد شده است را کاهش دهند.

بوستر پمپ‌های غیر مجزا سرعت متغیر در ساختمان‌های توزیع شده، یکی از بهترین استراتژی‌ها برای کاهش انرژی پمپاژ توزیع در سیستم‌های بزرگ با گرادیان فشاری بالا و در عین حال بهبود اختلاف دمای آب خنک‌کننده هستند.

پمپ های با سایز بزرگ

الزامات دبی و TDH سیستم به صورت گرافیکی در منحنی پمپ نشان داده شده است. سازندگان پمپ‌ها مشخصات آن‌ها را به صورت گرافیکی به همراه منحنی‌های عملکرد پمپ‌ها نشان می‌دهند. منحنی پمپ ارتباط میان دبی و هد را برای پمپ واقعی نشان می‌دهند. اصول پمپ‌ها تأکید می‌کند که منحنی پمپ و منحنی سیستم باید با هم تلاقی کنند. پمپ‌ها عموماً به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که در نزدیک‌ترین محدوده به بهترین نقطه عملکرد پمپ (BEP) قرار گیرند. این نه تنها پمپ را بسیار پر بازده می‌کند بلکه قابلیت اطمینان سیستم را نیز افزایش می‌دهد. منحنی‌های سیستم در سیستم‌های توزیع با تغییرات دبی زیاد به سختی قابل پیش‌بینی هستند و باید از نرم‌افزارهای مدلسازی هیدرولیکی استفاده نمود. به هر طریق منحنی های سیستم با توجه به شرایط تغییرات بار در داخل سیستم تغییر می‌کنند.

در اغلب سیستم‌های موجود با پمپهای با TDH بالا که توسط نویسنده ارزیابی شده اند، هرگز سیستمی که سیستم پمپاژی در نقطه عملکرد ارائه شده بر روی ورق مشخصات سیستم آب خنک‌کننده داشته باشد دیده نشده است. انتخاب مقدار TDH اضافی برای پمپ‌ها عموماً به دلیل عدم شناسایی درست تغییرات بار، عدم انجام محاسبات مورد نیاز و فرضیاتی مربوط به تطبیق خود سیستم سرعت متغیر با TDH صورت می گیرد.

در برآورد سیستم‌ها، به دست آوردن پمپ‌هایی با TDH ۲۰۰–۲۶۰ فوت (۶۰۰–۷۸۰ kPa) بسیار نادر است و در چنین حالتی معمولاً سیستم تا زیر ۵۰٪ از TDH نوشته شده بر روی پلاک مشخصات کار خواهد کرد. شکل ۲ مثالی است از هنگامی که پمپ‌های انتخابی با TDH بسیار زیاد به سختی با منحنی عملکرد واقعی سیستم توزیع تلاقی پیدا می‌کنند. منحنی‌های سیستم

www.kaashaaneh.com

فرض می کنند استراتژی راه‌اندازی مجدد اختلاف فشار اجرا می شود. تنها راهی که برای تلاقی منحنی سیستم واقعی و منحنی عملکرد پمپ در این حالت وجود دارد ایجاد افت فشار اضافی در خط است که منجر به هدر رفت انرژی در سیستم می‌شود. برخلاف آنچه که برخی به آن اعتقاد دارند سیستم‌های با فرکانس متغیر همیشه این مشکلات را برطرف نمی‌کنند. وقتی سرعت پمپ کاهش می‌یابد منحنی پمپ نیز پایین‌تر و به سمت چپ متمایل می‌شود، که در نتیجه باعث کاهش دبی و هد می‌گردد. حتی اگر موتور با سرعت متغیر بتواند این فاصله های زیاد را برطرف کند خود پمپ کم بازده خواهد بود.

آن روزهایی که اجازه داده می شد پمپ‌ها با سایزهای بزرگتر از واقعیت و در شرایط کم بازده با قابلیت اطمینان پایین کار کنند گذشته است. امروزه مدل سازی عملکرد سیستم هیدرولیکی در سیستم‌های توزیع بزرگ برای دانستن منحنی‌های سیستم به منظور انتخاب پمپ مناسب بسیار مهم است.

استراتژی‌های غیر مؤثر در پمپاژ

برخی از استراتژی‌ها نه تنها راندمان سیستم را پایین نگه خواهند داشت بلکه مانع از درست کار کردن سیستم می‌شوند. بیشتر استراتژی‌های غیر مؤثر ناشی از پیروی نکردن از روش‌های صحیح بررسی سیستم توزیع آب خنک‌کننده و اصول اساسی انتخاب پمپ‌ها می‌باشد. برخی از استراتژی‌های پمپاژ که باید از آن‌ها دوری کرد به شرح ذیل هستند:

- پمپ‌های سرعت ثابت در ساختمان‌های غیر مجزا.
- پمپ‌هایی که در بخش تخت منحنی پمپ کار می کنند و
- پمپ‌های موازی که فشار تخلیه یکسان ندارند.

این مسئله طبیعی است که برای بهبود کارکرد سیستم آب خنک‌کننده در ساختمانی با افت فشار زیاد، یک بوسترپمپ اضافه شود. این کار ممکن است با افزایش فشار برگشت در نزدیکی خط برگشت ساختمان، تأثیر معکوسی بر فشار برگشت سیستم توزیع داشته باشد و مشکلاتی را در ساختمان‌های همجوار ایجاد کند. این اشکالات جریان به احتمال زیاد خود را در زمان بیش باری یعنی هنگامی که تمامی شیرها باز هستند خود را بیشتر نشان خواهد داد. در ساختمان‌های غیر مجزا بهتر است که همواره بوستر پمپ‌ها از نوع سرعت متغیر انتخاب شوند.

پمپ‌های انتخاب شده در بخش تخت منحنی عملکرد می‌توانند باعث عملکرد غیر قابل پیش‌بینی شوند. منحنی‌های هد پمپ با رابطهٔ تخت میان دبی و هد می‌تواند کنترل پمپ را بسیار سخت کند. تغییرات کوچک در مقاومت سیستم می‌تواند تغییرات بزرگی را در نرخ دبی جریان ایجاد کند. این موضوع در کنار منحنی تخت افت هد سیستم می‌تواند کنترل پمپ را سخت‌تر نیز کند. این مشکل هنگامی که فرکانس متغیر موتور در کنترل پمپ مورد استفاده قرار می‌گیرد تشدید نیز می‌شود. برای جلوگیری از این اتفاق بهتر است که نقطه کاری پمپ‌ها در نزدیکترین محدوده به بهترین نقطه عملکرد انتخاب شود و از انتخاب محدوده تخت پمپ‌ها اجتناب شود.

استفاده از چند پمپ به صورت موازی در سیستم‌های بزرگ کاملاً عمومی است. پمپهایی که به صورت موازی کار می‌کنند باید حتماً TDH یکسانی در دبی مشابه داشته باشند. نویسنده چیلرهای متعددی را دیده است که یکی یا دو تا از پمپ‌ها مجهز به موتور با فرکانسی متغیر هستند در حالی که دیگر پمپ‌های موازی در دور ثابت کار می‌کنند. این مسئله مشخصاً باعث عملکرد نامناسب پمپ می‌شود زیرا کار کرد پمپ با سرعت ثابت آن را درست در موقعیت بهترین نقطه عملکرد (BEP) بر روی نمودار قرار می‌دهد تا بتواند با پمپ دور متغیر خود را همگام سازد. پمپ موازی که به صورت دور متغیر کار می‌کند می‌تواند سرعتش را به گونه‌ای تنظیم کند که در محدوده BEP بر روی منحنی باقی بماند. اشتباه مشابه دیگری که در انتخاب پمپ‌های موازی رخ می‌دهد به کارگیری آن‌ها در کارکرد کوتاه مدت شبانه به صورت مرحله‌ای است. اگر پمپی برای هد کم و دبی کم انتخاب شود، این پمپ تنها می‌تواند در مرحله اول به کار گرفته شود و نباید در مراحل بعدی با دیگر پمپ‌های در حال کار باشد.

خلاصه

مزایای دانستن نکات کلیدی سیستم‌های توزیع آب سرد و اصول پمپاژ اهمیت بسیار زیادی دارد. در حالی که اغلب مشکلات در این حوزه را می توان تجربه کرد، اما معمولاً ارزان‌تر و اسان تر است که این نکات را از دیگران یاد بگیریم! خوشبختانه، نکات مطرح شده می‌تواند به طراحان و صاحبان این تأسیسات کمک کند تا از مشکلات این چنینی در سیستم‌های بعدی آب خنک‌کننده خودداری کنند.

حرفه‌ای باش!
Be Professional...