نشریه اختصاصی صنعت تاسیسات
پیشگامان تأسیسات

ساختار بندی سیستم آبرسانی (HVAC) تهویه مطبوع

تهیه و تنظیم : مسـعود تقوی

این بخش به ارزیابی آبی که در ساختار سیستم آبرسانی hvac مورد اســـتفاده قرار میگیرد میپردازد . به صرفه بودن و نصب درست پمپ hvac تماما به طراحی درســـت سیستم بستگی دارد .درک درستی از اهمیت یک سیستم آبرسانی خوب نتیجه انتخاب پمپ های مقرون به صرفه و کارکرد هوشـــمندانه انهاست .در ادامه تم اصلی این کتاب کاربرد هوشـــمندانه پمپهای hvac اســـت تا وسایل مکانیکی که در گذشته مورد استفاده قرار میگرفته حذف شوند و فشار بیش از حد این سیستمهای ابرسانی پیروز شوند .

مرور معادله اصلی پمپ انرژی (۴۱ - ۶)

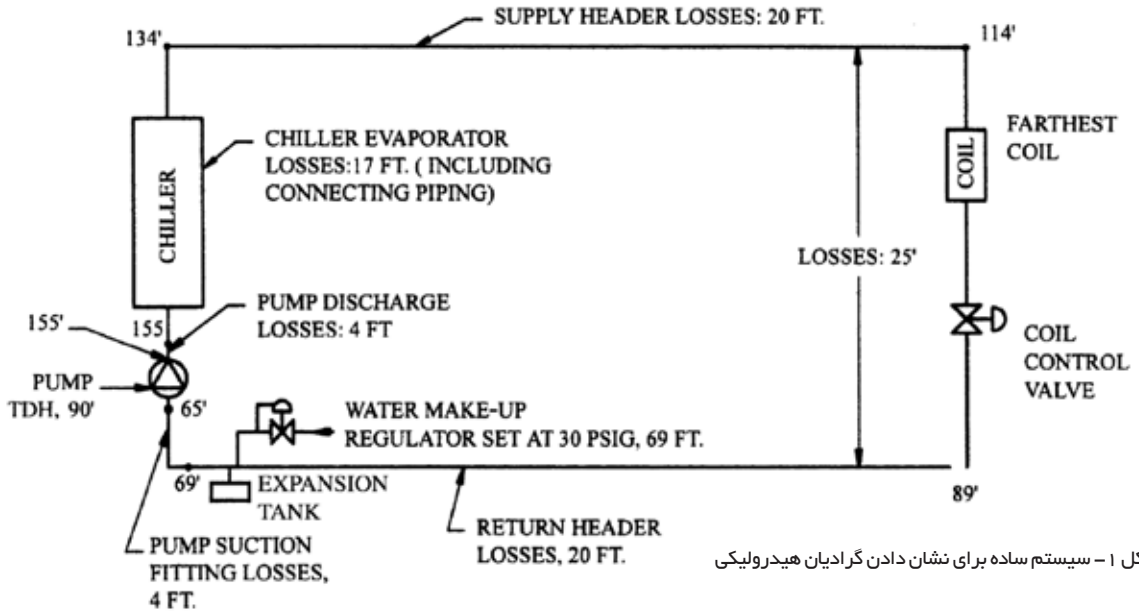
$$\text{Pump kW} = \frac{Q \cdot H \cdot 0.746}{3960 \cdot P_{\eta} \cdot E_{\eta}} = \frac{Q \cdot H}{5308 \cdot P_{\eta} \cdot E_{\eta}}$$

انرژی مورد نیاز یک پمپ با بالا رفتن جریان یا هد بالا میرود و با کاهش راندمان پمپ و موتور و راندمان محرک سرعت متغیر کاهش می یابد . بنابراین لازم اســـت طراح hvac یک سیســـتم آبرسانی را با حداقل جریان و هد برای یک جریان خاص توسعه دهد . این فصل لوله کشی اینگونه سیستمهای آبی را توضیح میدهد مضاف بر اینکه طراحی بهینه را تامین کند . به طوری که معادله فوق را تصدیق نماید .

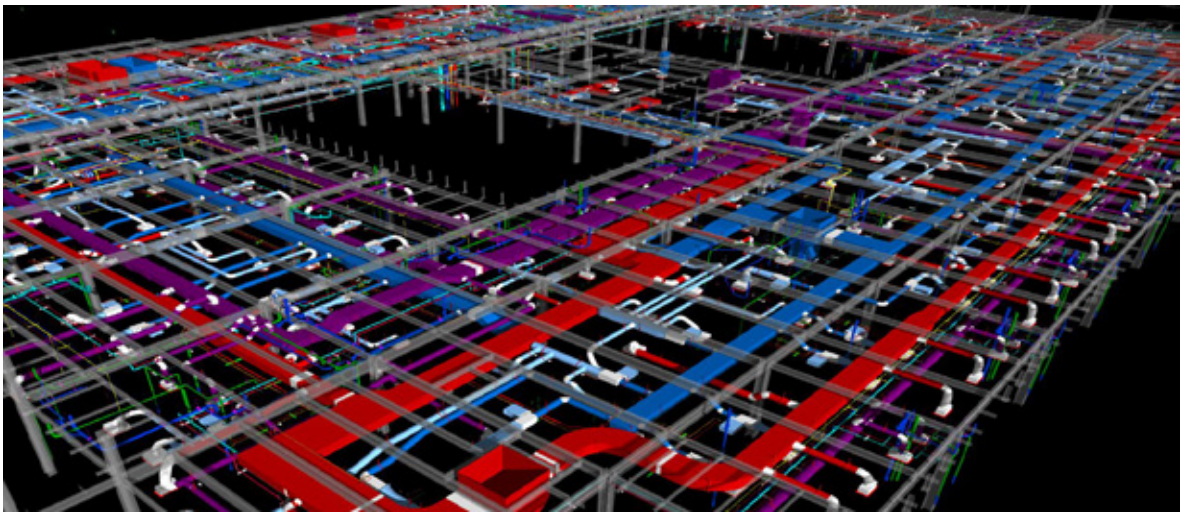
این فصل آبرســـانی سیستم اب سرد و گرم را در بر میگیرد . در حالی که صرفه جویی انرژی کندانسور های آبی فصول ۱۱ الی ۱۶ را شامل می شود .

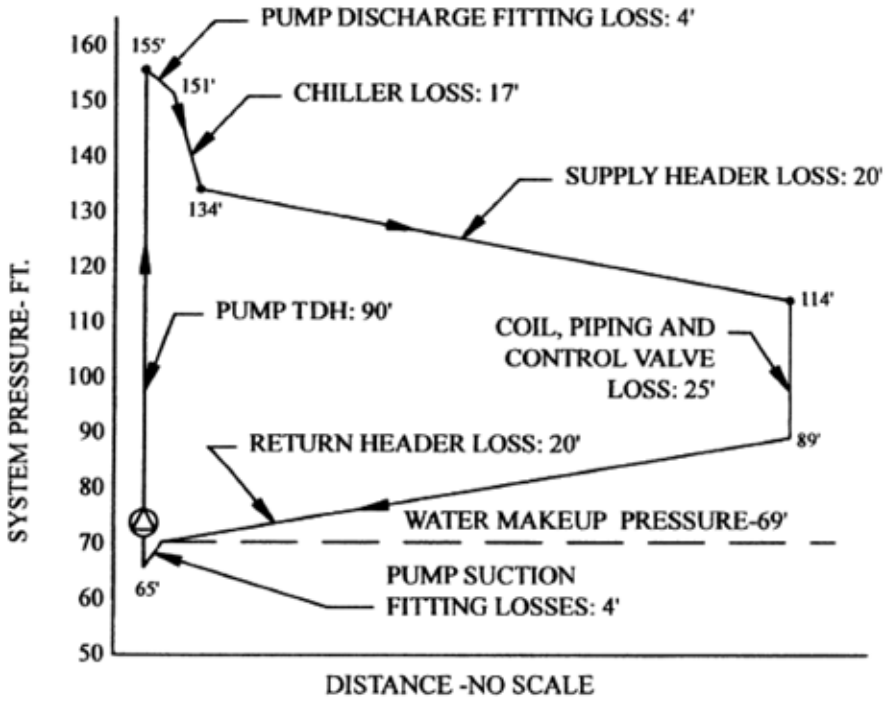
شکل ۱-۹ افت هد پمپ اصلی در یک سیستم توزیع آب سرد را نشان میدهد و یک کندانســـور آب یا مدار خنک کننده ممکن است شبیه همین باشد . به طوریکه چیلر اوپراتور را با چیلر کندانسور عوض نماییم . و بـــه همین نحو خنک کننده مارپیـــچ را با برج خنک کننده عوض نماییم . همچنین سیستم آب گرم ممکن است .

به وسیله جابجایی چیلر اوپراتور با افت میان بویلر . افت ها میان هردو این سیســـتم ها خیلی کمتر از سیستم آب خنک هستند شکل ۲-۹ گرادیان هیدرولیکی را توصیف میکند و افت ها برای شکل ۱-۹ . توجه کنید که اتلاف غیر ضروری مانند تعادل ولوها یا شـــیرهای چند کاره نشان داده نشده اند .



شکل ۱ – سیستم ساده برای نشان دادن گرادیان هیدرولیکی





شکل ۲ – گرادیان هیدرولیکی شکل قبل

۱–۹: انتخاب تفاضل دمایی

اولین تصمیمی که یک طراح سیستم آب سرد یا گرم باید در نظر داشته باشد انتخاب تفاضل (تفاوت) دماست . اختلاف دما اختلاف میان تامین آب و برگرداندن دمای آب اســت . شماری از شرایطی که باید قبل از انتخاب نهایی اختلاف دما در نظر داشــت به شرح زیر است :

۱- افزایــش در اختلاف دما و کاهــش جریان آب و بنابراین صرفه جویی در انرژی پمپ

۲- افزایش اختلاف دمایی ممکن اســت ارزش کویل را که باید در اختلاف دمایی بالاتر از حد متوسط به کار بیفتد را بالا ببرد .

۳- اختلاف دمایی بالاتر از احتمال اتلاف اختلاف دمایی را در کویل ها به دلیل وجود هر نوع گردوغبار موجود در هوای اطراف و اجرام شیمیایی درون آب اطراف آنها افزایش میدهد .

۴- جریــان یکنواخت در آب اطراف به دلیل ســرعت های کم در بار کم روی کویل همیشه جزو نگرانی های یک طراح سیستم آب است .

احتمال جریان یکنواخت در اختلاف های دمای بالاتر بیشتر است . انتظار ســریع صرفه جویی انرژی با اختــلاف دمایی بالاتر که می تواند بعدا به دلیل وجود اشــکال در سیستم عملکرد که در نتیجه ناکارآمدی در داشتن گنجایش کافی در پمپ بعد از مدت زمانی که سیستم کهنه شده باشد از مسیر خود منحرف شود . تنها طراحان باتجربــه باید اختلاف دمایی را افزون بر ۱۲ درجه فارنهایت در آب سرد و ۴۰ درجه فارنهایت در سیستم آب گرم نگه دارند . تعادل با احتیاط بین صرفه جویی در انرژی و ارزش اولیه (first cost) باید توسط طراح مدنظر قرار گیرد . یک اختلاف دمایی در سیستم آب گرم یا سرد وجود ندارد .

در ادامه در فرمول جهت محاسبه جریان آب ،گالن در دقیقه ، برای سیستم های آب سرد و گرم آورده شده است .

اینها فرمول های عمومی بر پایه گراویتی خاص ۱ برای آب هستند . اگر جریان آب برای آب گرم ایمن تر باشــد پس گراویتی خاص و گرمای خاص آب در دمای متوســط سیســتم باید در نظر گرفته شود .باید از ۲,۴.eq استفاده شود . در برنامه های کامپیوتری جهت بدســت آوردن محاسبات باید گراویتی خاص بطور اتوماتیک برای دمای آب در تمام بخشــهای سیستم آب وارد شود . اختلاف دمای واقعی که جهت یک راه اندازی خاص مدنظر اســت بوسیله ارزش کویل ها برای اختلاف متفاوت اثری که اختلافات را بیشتر میکند . (تاثیر بر روی کارکرد انرژی بویلر یا چیلر بگذارد) محاسبه می شود . کــم کردن دمای آب خروجی از یک چیلر معرف انرژی آن را بالا برده و صرفه جویی اختلافات دمایی بالاتر را از مسیر منحرف میکند . همچنین بالا بردن دمای آب یک بویلر راندمان آن را کاهش داده و میتواند همان تاثیر را در سیستم آب گرم بدهد . اینها تعمیماتی است که باید توسط طراح برای هر برنامه مد نظر قرار گیرد.

۲-۹: انتخاب تفاضل دمایی

اولین تصمیمی که یک طراح سیستم آب سرد یا گرم باید در نظر داشته باشد انتخاب تفاضل (تفاوت) دماست . اختلاف دما اختلاف میان تامین آب و برگرداندن دمای آب است . شماری از شرایطی که باید قبل از انتخاب نهایی اختلاف دما در نظر داشت به شرح زیر است :

۱- افزایش در اختلاف دما و کاهش جریان آب و بنابراین صرفه جویی در انرژی پمپ

۲- افزایش اختلاف دمایی ممکن است ارزش کویل را که باید در اختلاف دمایی بالاتر از حد متوسط به کار بیفتد را بالا ببرد .

۳- اختلاف دمایی بالاتر از احتمال اتلاف اختلاف دمایی را در کویل ها به دلیل وجود هر نوع گردوغبار موجود در هوای اطراف و اجرام شیمیایی درون آب اطراف آنها افزایش میدهد .

۴- جریان یکنواخت در آب اطراف به دلیل سرعت های کم در بار کم روی کویل همیشه جزو نگرانی های یک طراح سیستم آب است .

احتمال جریان یکنواخت در اختلاف های دمای بالاتر بیشتر است .

انتظار سریع صرفه جویی انرژی با اختلاف دمایی بالاتر که می تواند بعدا به دلیل وجود اشکال در سیستم عملکرد که در نتیجه ناکارآمدی در داشتن گنجایش کافی در پمپ بعد از مدت زمانی که سیستم کهنه شده باشد از مسیر خود منحرف شود . تنها طراحان باتجربه باید اختلاف دمایی را افزون بر ۱۲ درجه فارنهایت در آب سرد و ۴۰ درجه فارنهایت در سیستم آب گرم نگه دارند . تعادل با احتیاط بین صرفه جویی در انرژی و ارزش اولیه (first cost) باید توسط طراح مدنظر قرار گیرد . یک اختلاف دمایی در سیستم آب گرم یا سرد وجود ندارد .

در ادامه در فرمول جهت محاسبه جریان آب ،گالن در دقیقه ، برای سیستم های آب سرد و گرم آورده شده است .

اینها فرمول های عمومی بر پایه گراویتی خاص ۱ برای آب هستند . اگر جریان آب برای آب گرم ایمن تر باشد پس گراویتی خاص و گرمای خاص آب در دمای متوسط سیستم باید در نظر گرفته شود .باید از ۲,۴.eq استفاده شود . در برنامه های کامپیوتری جهت بدست آوردن محاسبات باید گراویتی خاص بطور اتوماتیک برای دمای آب در تمام بخشهای سیستم آب وارد شود . اختلاف دمای

واقعی که جهت یک راه اندازی خاص مدنظر اســت بوسیله ارزش کویل ها برای اختلاف متفاوت اثری که اختلافات را بیشتر میکند . (تاثیــر بر روی کارکرد انــرژی بویلر یا چیلر بگذارد) محاســبه می شود .

$$\text{Hot water gal/min} = \frac{\text{system Btu/h}}{500 \cdot \text{temperature difference}} \qquad (9.1)$$

$$\text{Chilled water gal/min} = \frac{\text{system load (tons)} \cdot 24}{\text{temperature difference}} \qquad (9.2)$$

کم کردن دمای آب خروجی از یک چیلر معرف انرژی آن را بالا برده و صرفه جویی اختلافات دمایی بالاتر را از مســیر منحرف میکند . همچنیــن بالا بردن دمای آب یک بویلر راندمان آن را کاهش داده و میتواند همان تاثیر را در سیستم آب گرم بدهد . اینها تعمیماتی است که باید توسط طراح برای هر برنامه مد نظر قرار گیرد.

۳–۹: مدل یک سیستم آبرسانی برای سیستم هد و نواحی:

اولین وظیفه یک طراح سیستم آبرسانی محاسبه جریان آب و هد پمپ مورد نیاز است بعد از اینکه اختلاف دمایی در نظر قرار گرفت . این یعنی محاسبه دستی این ارزش ها از مینیمم تا ماکسیمم بار بر روی سیستم وظیفه بغرنجی است .

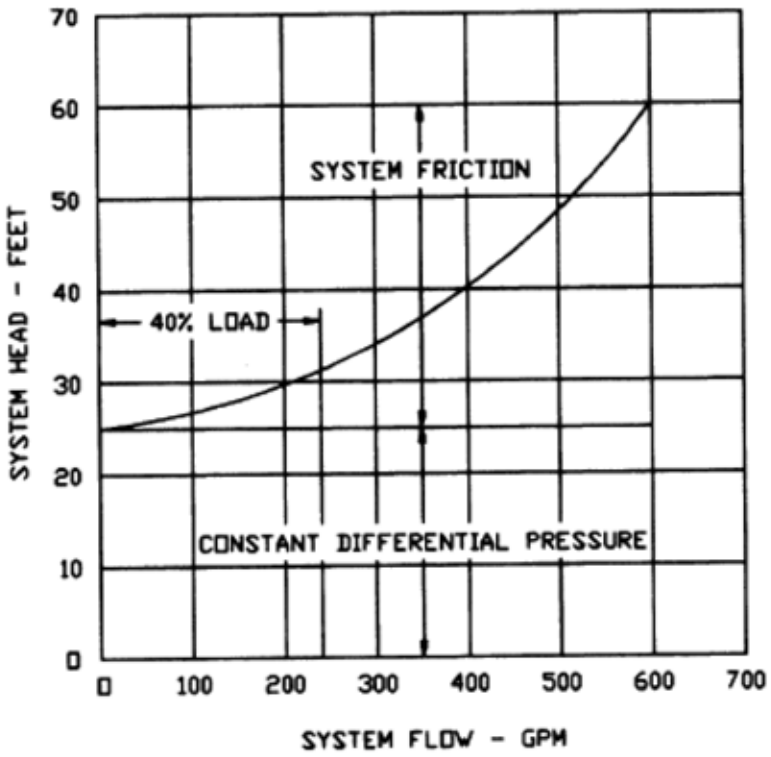
همانطــور که در فصل ۱ توضیح داده شــد ورود کامپیوترهای پر ســرعت و نرم افزار های خاص زحمت این نوع سیستم های آبی را از بین برد . این مهندسین راقادر میسازد به سرعت یک سیستم را ارزیابی نموده و جریان ها و افت هد را تحت فشار متغیرها اندازه گیری کند . طراح قادر اســت ساختمان را تحت شرایط فشار های مختلف ارزیابی نموده و درک بهتری از انرژی معرفی سیستم های مکانیکی داشته باشد و به محاسبه دقیقی از گوناگونی فشار گرما ، تهویه و سرما برسد .

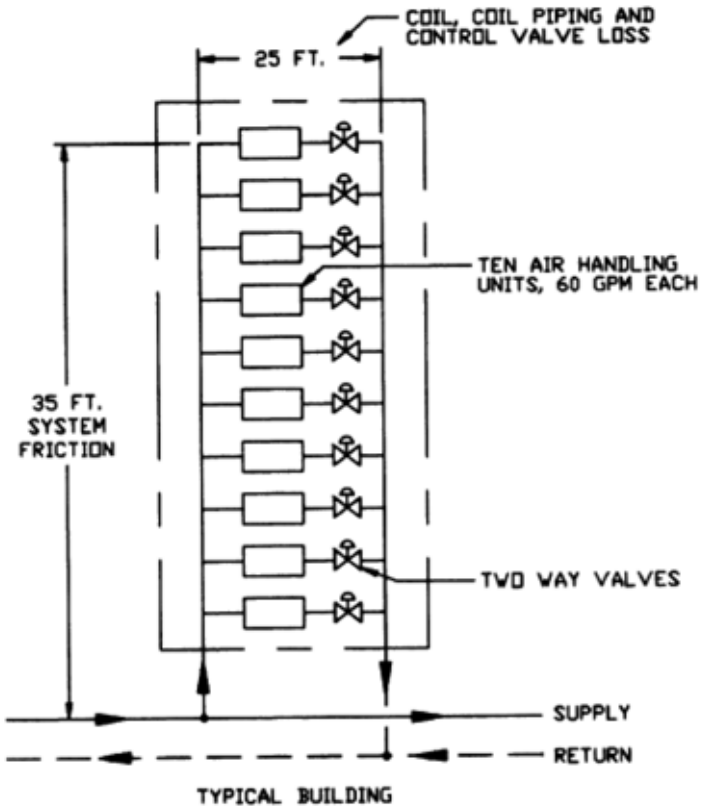
حقیقت بارز یافت شده درباره فشــارهای ساختمان این است که سیستمهای (چند فشاری) سرما یا آب داغ بسیار کمی بطور یکسان (یکنواخت) باردار می شوند .

آنالیز بسیاری از سیســتم ها تصمیمات نا پایداری را در فشار آب موجود در کویل های سرما یا گرما به اثبات رسانده است .

بعضی کویل ها در یک سیســتم کاملا لود (loaded) میشوند در حالیکه در معنی دیگر بسیار کم است . این حقیقت باید حتما در آنالیز سیســتم و همچنین لوله کشی و کنترل مدنشز قرار گیرد . کامپیوتر دستیار به طراح اجازه می دهد گوناگونی زیاد فشار که می تواند در چشم انداز آینده سیستم آبرسانی رخ دهد را مورد مطالعه قرار دهد .

فصل ۳ وســایلی را که جهت محاسبه میزان ســایش لوله ها در سیستم لوله کشی hvac مورد نیاز است را فراهم میکند . باید به خاطر داشت که بیشتر سیستم های آبی سرد و گرم در واقع جمعی از سیستم های کوچک هستند که از لوله های تدارکاتی مشترک اســتفاده میکند . هرکدام از کویل های سرد و گرم درون خود یک سیستم آبرسانی است از آنجایی که هرکدام از این کویلها اصطکاک متفاوتی دارند .





شکل ۳– مدل ساختمان برای ارزیابی هد

این اصطکاک ها برای یک نوع خاصی از کویل ها که شامل افت اصلی ، شاخه افت اصلی و افت در میان خود کویل با لوله هایش و افت ولو کنترل می باشـــد . اگر طراح این مشخصه هر کویل را تشخیص داد و سعی کرد سیستم آبی با یک چنین خصوصیتی را طراحی کند نتیجه یک سیستم ساده تر و کار آمدتر خواهد بود . به طور سنتی پمپ هد مورد نیاز برای یک سیستم آبی به صورت منحنی نشان داده شده است که دست آورد زمانی که هد سیستم به صورت واحد فوت طراحی شـــود . در مقابل جریان سیســـتم گالون بر دقیقه باشد .

بنابراین این منحنی ، منحنی هد سیستم نامگذاری شده است . نتیجه سالها کار با hvac سیستم آبرسانی ثابت شده است که هد مورد نیاز بسیاری از سیستم های آبرسانی با این منحنی سهمی وار نمی تواند نشان داده شود .

در عوض هد در نواحی وســـیعی متفاوت اســـت که محاسبه آن مشکل می باشد . قبل از اینکه وارد بحث این مشکل شویم اجزاء یک منحنی هد سیستم باید مرور شوند .

۱-۳-۹–اجزای منحنی هد سیستم

یک منحنی هد سیستم شامل طراحی جریان در درون سیستم بر حسب گالون بر دقیقه بصورت افقی و هد سیستم بصورت عمودی بر فیت هد . هد سیســـتم باید به متغیرهد و هد پایدار شکسته شود . متغیر هد اصطکاک هد در سیستم پخش جریان آب است . هد پایدار میتواند به هد استاتیک و هد اصطکاک پایدار تقسیم شود . هد استاتیک به راحتی سطح آب را جابجا میکند . مهمترین کار هم میتواند ارتفاع برج خنک کننده باشد . هد اصطکاک پایدار میتواند افت در طول یک کویل گرم کننده یا خنک کننده و شیر کنترل و لوله های اتصال همانطور که در تصویر ۳-۹ نشان داده شده است باشد . این هد پایدار برای نگهداری فشار های گوناگون در طول یک کویل گرم کننده یا ســـرد کننده ضمائم آن با یک فرســـتنده فشار مختلف . این یک علامت است که سیستمی که کویل به آن متصل است را کنترل میکند .

اصطکاک دائمی هد در بســـیاری از سیســـتمها رخ میدهد که شیرهای کنترل دو طرفه دما دارند . این در سیستمهای قدیمی که شیرهای کنترل دمای سه طرفه دارند یافت نمیشود . اصطکاک دائمی هد بصورت عمودی طراحی می شود شبیه هد استاتیک یک برج خنک کننده .

همانطور که در بخش اول شـــرح داده شد فرمول هایی که برای اصطکاک لوله هاست نشان میدهد اصطکاک لوله ها در منحنی ســـهمی شکل متغیر است با توان از ۱،۵۸ تا ۲ . کل منحنی هد سیستم با اضافه کردن استاتیک یا هد اصطکاک پایدار به سیستم معادله فوق میتواند برای محاسبه هماهنگ منحنی هد سیستم برای سیستم آبرسانی گرم یا سرد مورد استفاده قرار میگیرد .

$$H_a = H_2 + \left(\frac{Q_a}{Q_1}\right)^{1.90} \cdot (H_1 - H_2) \text{ ft of head} \qquad (9.3)$$

مجموع هد بر حسب فوت روی سیستم با جریان q گالون در دقیقه : H1

هد پایدار در سیستم بر حسب فوت : H2

جریان در هر نقطه روی منحنی بین نقاط ۱ و ۲ : Qa

هد در هر نقطه روی خم بین نقاط ۱ و ۲ در جریان Qa : Ha

توان یافت شده برحسب معادله دارسی ویباخ نزدیکتر از ۲ : ۱,۹۰ استفاده این معادله میتواند توسط مثال فوق ثابت شود . تصور کنید :

۱- ماکسیمم جریان سیستم ۱۰۰ گالون بر دقیقه در ۱۰۰ فوت برای خد باشد .این نقطه ماکسیمم در هد سیستم متعادل است و در معادله Q1 و H1 به حساب می آیند .

۲- افت فشار ماکسیمم در یک کویل با شیر کنترل و شاخه های لوله کشی ۲۰ فوت است . این نقطه صفر در منحنی د سیستم با هیچ جریانی در سیستم است . این نقطه H2 نام دارد .

۳- دو نقطه فوق ،پایان منحنی هد سیستم متعادل را ست میکنند . جدول ۱-۹ نقاط منحنی هد سیستم را از یک جریان مینیمم ۱۰۰ گالون بر دقیقه به ماکسیمم ۱۰۰۰ گالون بر دقیقه برای این مثال فراهم میکنند .

این یک سیستم متعادل برای hvac است . به طوری که تمامی بارهای سرد و گرم با درصد یکسان در طراحی فشار بالا می روند .

جدول ۱ – اعداد منحنی هد سیستم

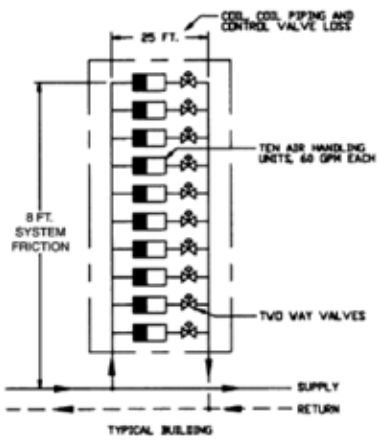
System flow, gal/min	System head, ft
100	21.0
200	23.8
300	28.1
400	34.0
500	41.4
600	50.3
700	60.6
800	72.4
900	85.5
1000	100.0

یک سیستم سرد و گرم با شیرهای سه طرفه تنها اصطکاک سیستم دارد و یک چنین سیستمی منحنی هد سیستمی ندارد زیرا آن در یک نقطه عمل نموده . (ماکسیمم جریان و سیستم هد) در مثالی که آمد سیستم ۱۰۰۰ گالون بر دقیقه عمل می کند و ۱۰۰ فوت هر زمانی که کویل ها مجهز به شیرهای کنترل سه طرفه باشند . این آغازی است بر آشکار شدن هدر رفتن وحشتناک انرژی در یک سیستم ولوم پایدار مجهز به شیر کنترل سه طرفه در کویلهای گرما و سرما . مهم نیست فشار بر روی سیستم چقدر است پمپ ها با جریان کامل بر روی سیستم عمل می کند .

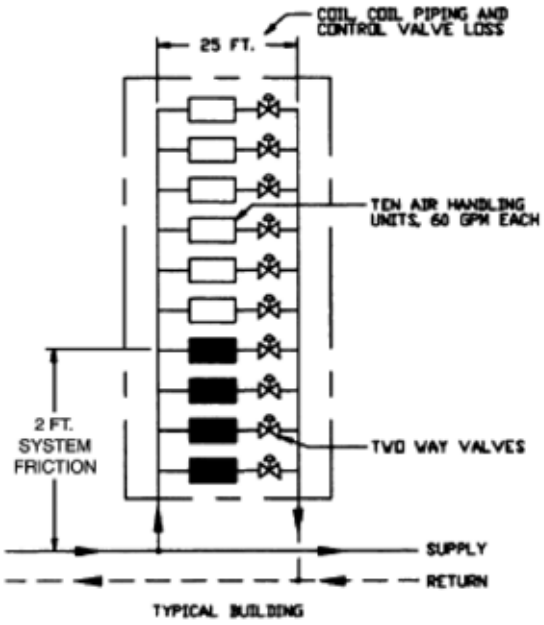
۹-۳-۲ نواحی هد سیستم

مثال و داده های قبلی سیستم ها با جریان همگن در کلیه کویل های گرم و سرد کننده شرح داده شده اند . واضح است این سیستمها در اکثر ساختمان های واقعی ، از آنجایی که کویل ها هنگامیکه برخی از آنها بارگذاری نشده اند بارگذاری می شوند ، وجود ندارد . در صورتیکه ساختمان دارای پنجره باشد هنگامیکه خورشید در طی روز حول ساختمان میچرخد بارها رو کویل های متفاوت حتی در صورتیکه دمای بیرونی و بار داخلی ثابت باشد تغییر خواهند کرد . همچنین این موضوع در فصل ۱ در عنوان بخش دایورسیتی (diversity) شرح داده شده است .

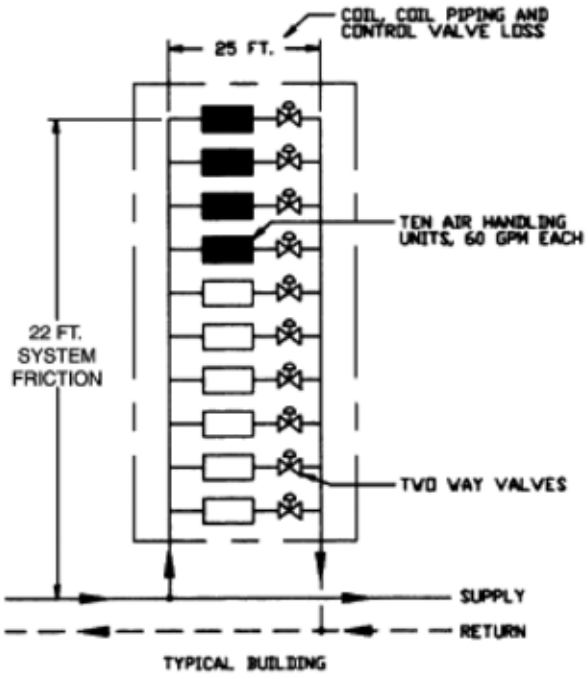
تشخیص این که سیستم ها بصورت همگن بارگذاری نشده اند و در نتیجه پراکندگی قطعا وجود دارد . باید سیستمهای آب داغ و سرد جهت مشخص کردن این موضوع که چگونه به صورت گرافیکی هد واقعی را روی آن ها محاسبه و نشان دهیم مورد ارزیابی قرار دهیم . شکل ۳-۹ نمونه ای از یک ساختمان با ده واحد air-handling در طبقات مختلف است . این به عنوان ساختمان مدل خواهد بود . تا سطح هد یک سیستم را در شکل شرح دهد . منحنی هد سیستم همگن برای این ساختمان در شکل ۳-۹ با جزئیات شرح داده شده است . حالا ۴۰ درصد بار جابجا شود بنابراین کویل ها ۴ دکمه ای به صورت کامل بارگذاری می شوند و ۶ کویل اصلی هیچ باری بر روی آن ها وجود ندارد (شکل b ۴,۹) از آنجایی که این ۴ کویل نسبت به ۱۰ تای دیگر به پمپ ها نزدیک ترند ، اصطکاک بسیار کمتر است از آنکه برای هر ۱۰ پمپ به صورت هماهنگ صورت پذیرد تا اینکه ۴۰ درصد آن ها به نام ۲ فوت اصطکاک همه بار ۴۰ درصد به ۴ کویل بالایی منتقل می شود .



a. Uniformly loaded building, 40% load on each air handling unit.



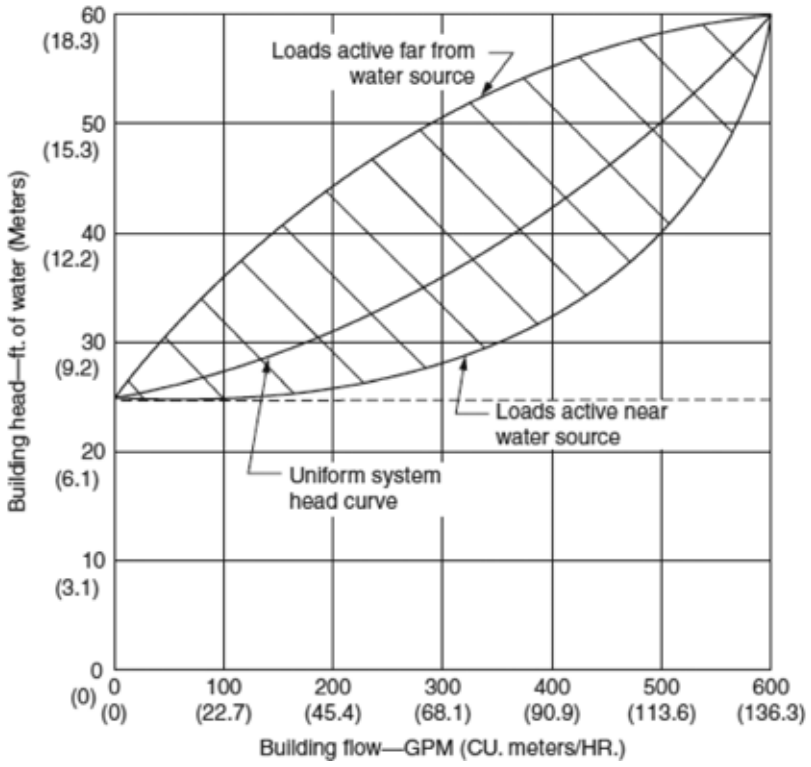
b. Non–uniformly loaded building, air handling units close to pumping source fully loaded.



c. Non–uniformly loaded building, air handling units far from pumping source fully loaded.

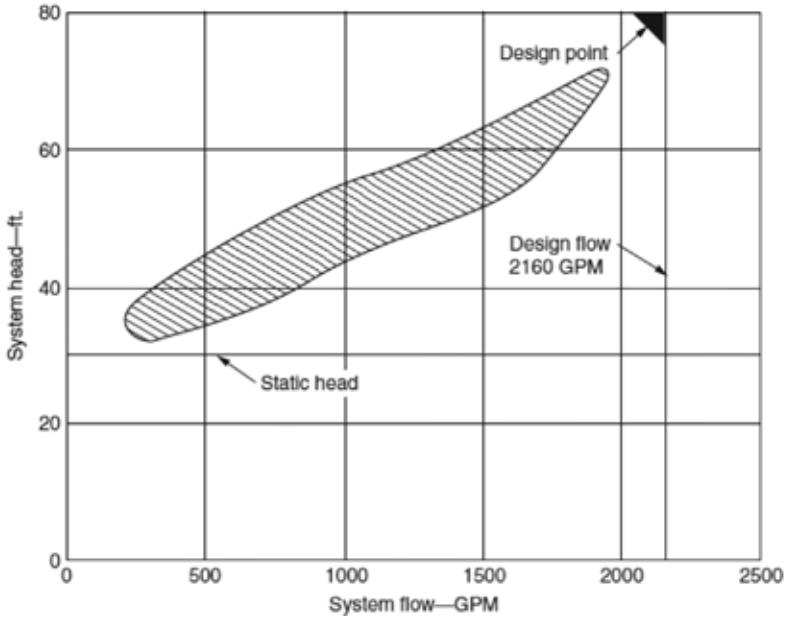
شکل ۴– مدل بار ساختمان

اکنون بار بیشـــتر از بارگذاری ۱۰ عدد کویل با هم است و اصطکاک هد سیستم بسیار بیشتر از شـــرایط بارگذاری همگن ، در این حالت اصطکاک سیســـتم برابر با ۷۲ فوت است . این مرحله می تواند برای فشارهای مختلف در ســـاختمان از ۱۰ تا ۹۰ درصد بارگذاری بشود . نتیجه این حرکتهای فشـــار در ساختمان در تصویر a ۵-۹ نشان داده شده اســـت . این نواحی هد سیستم است و تقریبا در همه ساختمان ها با بیش از یک کویل گرمایشی یا سرمایشی وجود دارد . این یکی از مهمترین نقشه ها در تمام این کتاب است ، از آنجاییکه به طراح اجازه می دهد از اینکه چقدر ارزیابی واقعی سیســـتم می تواند پیچیده باشد آگاه باشـــد در ضمن اینکه یک سیســـتم آبی hvac نمی تواند بایک سیستم ساده منحنی هد نمایش داده شود .



شکل ۵ – a – ناحیه هد سیستم

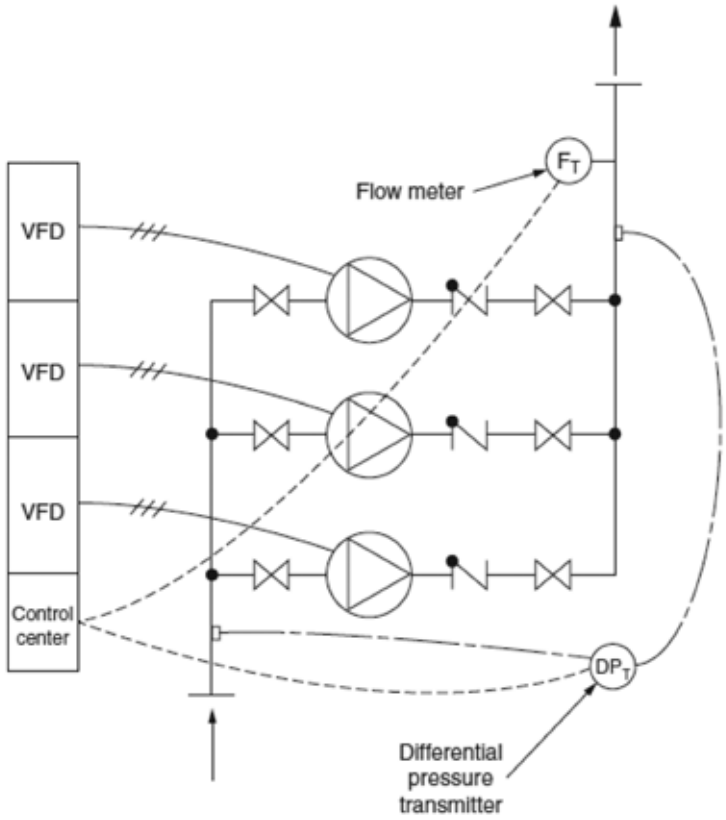
تصویـــر b ۵-۹ آنالیز و توصیف بر پایه اطلاعات واقعی از یک سیســـتم آبی ســـرد را بر عهـــده دارد . این موضوع اثبات می کند که بار هرگز به جریان یا هد که برای آن طراحی شده نمی رسد .و یکی از بزرگترین فرصت هایی که اکنون با وجو کامپیوتر ها در دسترس ما قرار گرفته است توانایی قرار گرفتن در مسیر و گسترش دادن نواحی هد سیستم برای سیستم موجود می باشد . شکل ۱-۹ تجهیزات مورد نیاز مانند جریان سنج ، ترنسمتر اختلاف فشار که در طول هد پمپ سیستم قرار گرفته است را نشان می دهد . کامپیوتر بصورت همزمان این دو سیگنال را می خواند و یک نقطه واقعی در نواحی هد سیستم طرح می کند . این کار یکبار در دقیقه ،در ساعت یا هر زمان نیاز باشد در هر نصب انجام می شود . سپس از مدت زمانی نواحی واقعی هد سیستم با همه نقاط هد جریان ترسیم شده روی دیاگرام جریان هد بیرون می آید نتیجه احتمال شبیه آن چیزی است که در شکل b ۵-۹ نشان داده شده است جاییکه در آن نواحی هد واقعی سیستم در مدت زمانی ترسیم شده است .



شکل ۵– b – ناحیه واقعی هد سیستم

این چه مقداری است ؟ این دیاگرام ارتباط جریان هد واقعی را برای سیستم پمپ دور متغیر را فراهم میکند از این دیاگرام میتوان آنالیزی از تطبیق واقعی سیستم پمپ با سیستم آبرسانی بدست آورد .

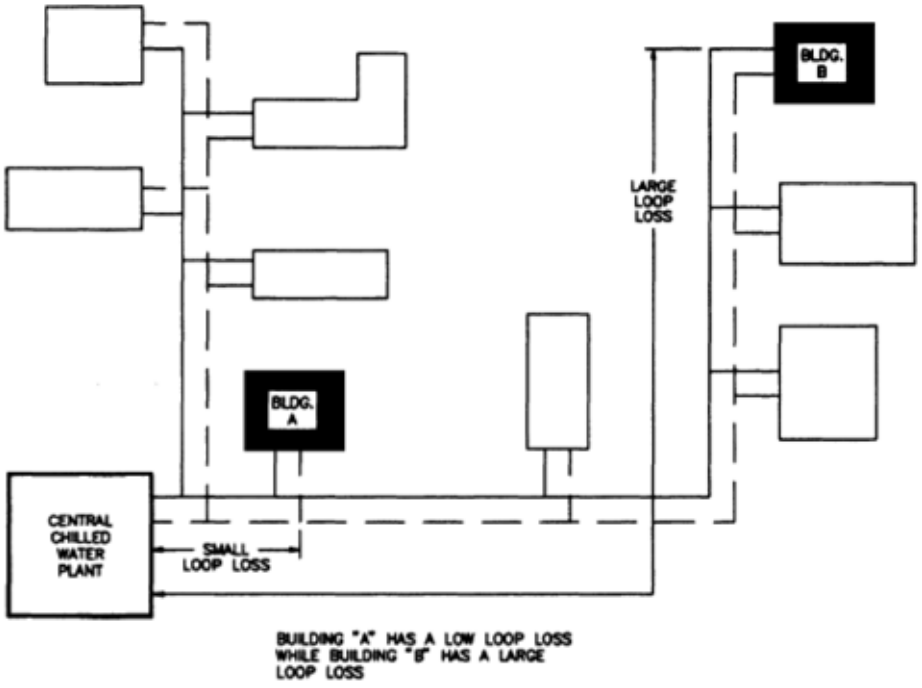
این مدلسازی دستی مقدماتی آبرسانی می باشد . با کمک کامپیوتر نواحی هد چنین سیستمی می تواند به سادگی گسترش پیدا کند بدون کامپیوتر یک روش ساده که به طور ویژه ای برای تنظیم توزیع اصطکاک در ۵۰ درصد جریان آب بکار میرود این بدان معنی است که ۱۱ فوت در ساختمان مدل با ۵۰ درصد بار کار می کند . این توزیع متغیر اصطکاک تا ۲۰ درصد برای منحنی پایین تر و تا ۱۵۰ درصد برای منحنی بالاتر قابلیت افزایش دارد . ترسیم منحنی های مشابه شکل a ۵-۹ از میان این نقاط نواحی تقریبی هد سیستم را به وجود می آورد . این نواحی هد سیستم به طراحان ایده می دهند که سطح هد سیستم چه خواهد بود و آنرا قادر میسازد که عملکرد پمپ را بین این نواحی هد سیستم پیش بینی کند . توضیح بیشتر از عملکرد پمپ های دارای سطح هد سیستم در اینجا ارائه نخواهد شد .



شکل ۶– شکل سیستم ابزار دقیق برای بدست اوردن ناحیه واقعی بار سیستم

نصب در در نوع مجتمع مسکونی در تعدادی از ساختمان ها همانطور که در در شکل a۷-۹ نشان داده شده است ابعاد دیگری را در سطوح هد سیستم و مدلسازی آن به وجود می آورد . همانطور که در این شکل مشخص است ساختمان هایی نزدیک نیروگاه انرژی مرکزی و ساختمان هایی دور از آن وجود دارد . این شکل دو مدل از ساختمان های ما می باشد . ساختمان A نزدیک نیروگاه مرکزی و ساختمان B دور از آن . واضح است که افت در لوپ مجتمع برای ساختمان B از ساختمان A بزرگتر خواهد بود . اگر افت لوپ ۳۰ فوت در شاخه برق رفت و برگشت برای ساختمان B با همه ساختمان ها به طور کامل بارگذاری شـــود این افت به وسیله این که چطور همه ساختمان های میانی اکتیو خواهند بود محاسبه می شود . ۲شرایط نهایی که باید چک شود اولا ساختمان های میانی کاملا بارگذاری شده و ثانیا همه این ساختمان ها هیچ باری نداشته باشند . استفاده از فرآیند قبلی برای اندازه گیری هد سیستم شکل b ۷-۹ را تولید می کند . منحنی بالایی برای شرایط اولی است در حالی که تمامی ساختمانهای میانی کاملا بارگذاری شده باشند و منحنی پایینی برای شرایط ثانویه است در حالی که این

ســـاختمان ها هیچ گونه باری نداشته باشند . این شکل تغییرات زیادی که می تواند در هدی که برای یک مجتمع دور از نیروگاه مرکزی انرژی مورد نیاز باشد را اثبات میکند . در اینجا مدل های کامپیوتر می توانند نواحی هد سیستم برای هر ساختمان مجتمع تحت شماری از شرایط بارگذاری مختلف را تولید کنند .



a. Loop loss variation in central plant installation.