

نگرشی نوین بر نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تأسیسات حرارت مرکزی بر اساس اینترنت

اشیاء

سعید جانی*^۱

استادیار گروه مهندسی مکانیک دانشکده فنی مهندسی گلپایگان – دانشگاه صنعتی اصفهان

فائزه زرین دست

کارشناسی مهندسی مکانیک – دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

صابر جانی

دانشجوی کارشناسی مهندسی صنایع – دانشگاه خوارزمی

چکیده

امروزه ساختمان‌های اداری، تجاری بزرگ تحت شرایط اصولی و فنی و با صرف وقت و هزینه‌های بسیار مطالعه، طراحی و اجرا می‌شوند. به طور مسلم در اثر بی توجهی به نکات مختلف فنی و همچنین نگهداری و بهره‌برداری نادرست، عمر مفید تجهیزات کاهش می‌یابد و به مرور زمان موجب افزایش خرابی‌ها می‌شود. یکی از مشکلات عمده در صنعت ساختمان و تأسیسات نبود نگهداری و تعمیرات به موقع و پیشگیرانه می‌باشد، و این در حالیست که نگرش علمی و صحیح به این موضوع مستقیماً روی بهره‌وری و کیفیت خدمات و کاهش هزینه‌ها اثر می‌گذارد. دانش داده‌ها به عنوان یک ابزار اساسی جهت مسلط شدن به صنایع مختلف مورد توجه محققین و صنعتگران قرار گرفته است. از طرف دیگر با گسترش تکنولوژی اینترنت اشیاء تحول ژرفی در صنایع مختلف در حال شکل‌گیری هست. در صنعت تأسیسات نیز با بهره‌گیری از اینترنت اشیاء می‌توان در جهت مدیریت فرآیند راهبری و نگهداری و پایش لحظه‌ای تجهیزات قدم برداشت که ضمن ارتقاء قابلیت اطمینان و افزایش عمر تجهیز می‌توان باعث کاهش خطرات و هزینه‌های هنگفت ناشی از اعزام تیم‌های تخصصی و همچنین کاهش میزان خرابی‌ها شد. در پژوهش حاضر مدیریت نگهداری و تعمیرات تجهیزات، منطبق بر اینترنت اشیاء در بستر داده‌های بزرگ ارایه می‌گردد که دخالت نیروی انسانی را در بازرسی و پایش وضعیت تجهیزات تأسیساتی، خصوصاً تجهیزاتی که نیاز به پایش ۲۴ ساعته داشته و یا دسترسی به مناطق مربوطه مشکل می‌باشد، کاهش داده می‌شود.

کلمات کلیدی: نگهداری و تعمیرات، دانش داده‌ها، اینترنت اشیاء

۱-مقدمه

مدیران تأسیسات اغلب از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و واکنشی جهت نگهداری ساختمان‌ها استفاده می‌کنند. با این حال، محدودیت‌هایی وجود دارد که نگهداری و تعمیرات واکنشی نمی‌تواند از خرابی جلوگیری کرده و همچنین نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نمی‌تواند وضعیت پیش روی تجهیزات و تعمیرات مورد نیاز را از قبل برای افزایش طول عمر تأسیسات پیش‌بینی کند. بنابراین، انتظار می‌رود تا از یک استراتژی نگهداری پیشگویانه با فناوری‌های پیشرفته برای غلبه بر این محدودیت‌ها استفاده کرد (چنگ و همکاران^۲، ۲۰۲۰). در واقع نیاز به داده‌های جمع‌آوری شده بدون خطا، تجسم و تجزیه و تحلیل بلادرنگ، با سرعت بالا و کارآمدتر می‌باشد. در حالت کلی سیستم مانیتورینگ تأسیسات ساختمان به کمک مدیران و اپراتورهای تعمیرات و نگهداری، داده‌های ذخیره شده و لحظه‌ای را که توسط سنسور ها اندازه‌گیری شده به طور مرتب بررسی نموده و عملکرد کلی تجهیزات تأسیساتی ساختمان را نظارت و مدیریت می‌نمایند (کازادو و همکاران^۳، ۲۰۱۹). تعمیر و

¹ S.jani@iut.ac.ir

² Cheng

³ Kazado

نگهداری پیشگویانه، از طریق سنسورها و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، امکان تشخیص رفتارهای غیرعادی را قبل از وقوع حوادث فراهم می‌کند (بوعبداللہی و همکاران، ۲۰۲۱). نوآوری رصد لحظه‌ای اطلاعات بر پایه‌ی اینترنت اشیا پیاده‌سازی شده و سنسورها هر دقیقه اطلاعات را ثبت و ارسال می‌کنند که این امر دقت بالای سیستم را فراهم می‌آورد. داده‌های بدست آمده نه تنها از نظر عملکرد سیستم مفید هستند، بلکه می‌توانند در جهت مدیریت ذخیره‌سازی انرژی و صرفه‌جویی کمک نمایند (مومنی و همکاران، ۲۰۲۱).

۲- مبانی

سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی متصل به اینترنت، این امکان را دارند که به طور مداوم به کمک سنسورهای هوشمند شرایط و عملکرد سیستم را کنترل کنند. پس از جمع‌آوری اطلاعات، بلافاصله می‌توان داده‌های جمع‌آوری شده را با مدیران سیستم، مهندسين، تکنسین‌ها و ... به اشتراک گذاشت. بازیابی داده‌ها یک چیز است؛ اما ارزش این بازیابی هنگامی است که از آن به شکلی درست و ارزش آفرین استفاده می‌شود. سیستم‌های کنترل یکپارچه، قادر به تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده هستند و در واقع به مدیران نسبت به رفتار غیرمعمول تجهیزات یا خرابی سیستم هشدار می‌دهند؛ که این، منجر به واکنش سریع‌تر در زمان کمتر و باعث جلوگیری از بروز مشکلات ویرانگر بالقوه می‌شود. درواقع، سیستم‌های مبتنی بر اینترنت اشیا، به کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری در طول زمان کمک می‌کنند.

تشخیص یک مشکل از راه دور ارتباط کاملی با موضوع نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه دارد. بدون استفاده از فناوری‌های مبتنی بر اینترنت اشیا، عملکرد یک سیستم ابتدا باید توسط یک شخص به صورت حضوری مشاهده شود و پس از انجام آنالیز در محل، مشکل آن تشخیص داده شود. در صورتیکه یک سیستم متصل به اینترنت می‌تواند یک تغییر در شاخص‌های عملکردی را تشخیص دهد و در طی چند دقیقه پس از بروز آن، یک اخطار ارسال کند. این فرایند به کاربر اجازه می‌دهد تا داده‌ها را از هر نقطه و در هر زمان بررسی کند تا بتواند فوراً تحلیل نموده و اشکالات را رفع نماید. این روش درنهایت باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه خواهد شد. مطمئناً سیستم‌های مبتنی بر اینترنت، کاملاً توسط کاربرانشان کنترل می‌شوند، اما بخش جالب این است که آنها لزوماً نیازی به حضور کاربران ندارند. سیستم‌ها می‌توانند به کمک سنسورهای هوشمند، دما، فشار و اطلاعات حیاتی تجهیزات حرارتی و برودتی را اندازه‌گیری کرده و نمودارهای مدیریتی را ترسیم نمایند. مدیران با مشاهده این اطلاعات ارزشمند می‌توانند جهت موقعیت‌های پیش رو برنامه‌ریزی نمایند (هاسیوتیس^۱، ۲۰۲۰). در پژوهش حاضر ساختمانی با کاربردی تجاری، اداری با مساحت حدود ۴۲۰۰۰ متر مربع با نام تجاری حیات سبز مورد مطالعه موردی بر پایه اینترنت اشیا قرار گرفت.

۳- شرح مسئله

پس از نصب و راه‌اندازی سیستم مانیتورینگ در موتورخانه مجتمع و بررسی اطلاعات مربوطه مواردی از قبیل ایرادات راهبری و نگهداری، طراحی تأسیسات و عملکرد سیستم مشخص گردید که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

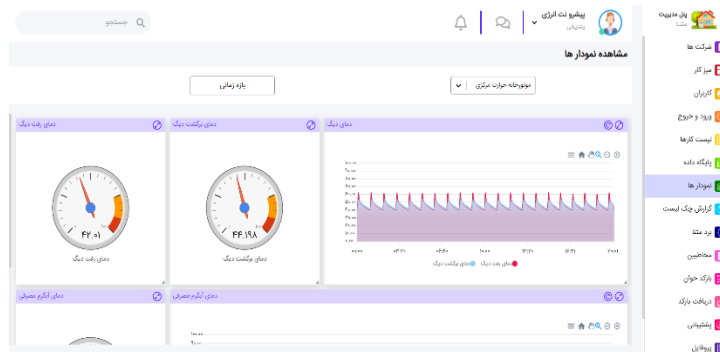
۴- شرح سیستم

برد های هوشمند مانیتورینگ شکل (۱) در محل پروژه نصب گردیده و اطلاعات حیاتی هر یک از تجهیزات به کمک سنسورهای نصب شده در محل های مدنظر به بردها انتقال داده شده و سپس به کمک ابر الکترونیکی بروی پلت فرم طراحی شده شکل (۲) قابل مشاهده می‌باشد.



¹ Hassiotis

شکل (۱). بردهای هوشمند مانیتورینگ



شکل (۲). پلت فرم آنلاین تعمیرات و نگهداری

۱-۴- ویژگی های سامانه آنلاین تعمیرات و نگهداری

ایجاد شناسنامه الکترونیکی و مشخصات فنی و عمومی هر یک از تجهیزات

نام دستگاه: یکجک یونیت آبیاری ۲۵-۱۵ جدید

شرکت سازنده و سال ساخت:	ساران-۱۳۹۵
محل استقرار:	آبیار ۳
مشخصات موتور هوا ساز:	motor/۱۱۴-RPM-۱=HP-۱۵/AA ۲
بار حرارتی کوئل:	۴۷AKBH
تعداد و نوع کوئل گرمایشی:	water Coil-۲
مشخصات کمپرسور:	Comp./Bitzer ۴GE-۳-۴۰ P
تعداد و مدل فن کندانسور:	No.A/CU/PUC ۴*۲.۵-۱.۷۵ A
نوع مبرد:	R-۲۲
هوا دهی کندانسور:	۵۷۴=CFM
مدل دستگاه و سریال دستگاه:	SARH۲۵=LP/۱۵۴=۱۴-۱۵/۴۶۶.۲.۱
میزان هوا دهی هوا ساز:	CFM ۲=۴۴۴
تاریخ تولیدی کوئل:	۲۲۲KBH
تعداد و نوع کوئل سرمایشی:	DX Coil-۲
مدل کندانسینگ یونیت:	YSRGLL-۴=A
نوع روغن مصرفی:	۴GS
مشخصات برقی فن کندانسور:	۳Ph-۰.۹kW
مدل سیرکاتور:	A-F ۵۸۸۸۹
تعداد پرشر:	۳

شکل (۳). نمونه شناسنامه تجهیزات ثبت شده در سامانه آنلاین تعمیرات و نگهداری

تهیه چک لیست بازدید های دوره ای هر یک از تجهیزات طبق زمان بندی و استانداردهای مربوطه

```

graph TD
    A[پمپ های سرمایشی تجاری] --> B[هفتگی]
    A --> C[روزانه]
    C --> D[مشخصات پمپ ها]
    C --> E[ماهانه]
    F[پمپ های گرمایشی تجاری] --> G[هفتگی]
    F --> H[روزانه]
    H --> I[مشخصات پمپ ها]
    H --> J[ماهانه]
  
```

شکل (۴). نمونه چک لیست بازدید های دوره ای تجهیزات ثبت شده در سامانه آنلاین تعمیرات و نگهداری

وضعیت پمپ ۱ : فشار مکش پمپ۱ (بار) : دمای بدنه الکتروموتور۱ : فشار مکش پمپ۲ (بار) : وضعیت پمپ ۲ : فشار دهش پمپ۲ (بار) : دمای بدنه الکتروموتور۲ : فشار مکش پمپ۳ (بار) : وضعیت پمپ ۳ : فشار دهش پمپ۳ (بار) :	وضعیت پمپ ۱ : فشار مکش پمپ۱ (بار) : دمای بدنه الکتروموتور۱ : فشار مکش پمپ۲ (بار) : وضعیت پمپ ۲ : فشار دهش پمپ۲ (بار) : دمای بدنه الکتروموتور۲ : فشار مکش پمپ۳ (بار) : وضعیت پمپ ۳ : فشار دهش پمپ۳ (بار) :
---	---

شکل (۵). نمونه چک لیست بازدید های دوره ای تجهیزات ثبت شده در سامانه آنلایین تعمیرات و نگهداری

۴-۲- گزارش‌گیری و دسترسی ۲۴ ساعته به اطلاعات پروژه و گزارشات مدیریتی

[illegible]

شکل (۶). صفحه گزارش گیری از سامانه

۴-۳- کنترل آنلاین عملکرد پرسنل تعمیرات و نگهداری و ایجاد دستور کارهای مبتنی بر اینترنت برای هر یک از افراد

#	شرح	پرسنل	تاریخ	حالت	تفصیلات
۲۳۹۵۵۵۵	خروج	شارخ تبریز	۱۳۹۵/۰۹/۰۱	مستفاده	مستفاده خروج حذف
۸۴۷۷۵۴۱	خروج	حسن علی	۱۳۹۵/۰۸/۲۴	مستفاده	مستفاده خروج حذف
۸۰۰۴۹۳۹۹	لیست ابزار و تجهیزات	حسن علی	۱۳۹۵/۰۸/۲۴	مستفاده	مستفاده خروج حذف
۲۸۵۲۸۵۵۲	گراش گر بزرگ	حسن علی	۱۳۹۵/۰۸/۲۴	مستفاده	مستفاده خروج حذف
۵۵۰۵۵۲۳۰	گراش گر بزرگ	حسن علی	۱۳۹۵/۰۸/۲۴	مستفاده	مستفاده خروج حذف

شکل (۷). کنترل عملکرد پرسنل و چک لیست های ثبت شده

لیست کارها	در حال انجام	انجام شده
تکمیل چک لیست ۱۳۹۵/۰۹/۰۱	سرویس انکاست ها ۱۳۹۵/۰۹/۰۱	نصب پمپ سانچ زن ۱ ۱۳۹۵/۰۹/۰۱
انکاست فن ها ۱۳۹۵/۰۹/۰۱	گرس کاری ۱۳۹۵/۰۹/۰۱	

شکل (۸). ایجاد دستور کار برای هر یک از پرسنل

۴-۴- رصد لحظه ای عملکرد هر یک از تجهیزات و مشاهده ساعت کارکرد آن



شکل (۹). مشاهده آنلاین وضعیت تجهیزات به کمک نمودارها

۴-۵- مشخصات سنسور های نصب شده

سنسور دمای استفاده شده در این پروژه از نوع PT100 می باشد. سنسور PT100 به عنوان رایج ترین و محبوب ترین سنسور در بین سنسورهای RTD محسوب می شود و مبنای کلی طراحی آن بر مبنای تغییر مقاومت طراحی شده است. مشخصات این سنسور در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول (۱) مشخصات سنسور دمای PT100

نام محصول	PT100 Sensor with 4-20mA TX
نوع	3 wire Class A PT100
رنج دمایی	0 to 100 °C
خروجی	4 – 20 mA
توان ورودی	10 to 30 Volts dc
دقت اندازه گیری	0.2°C ± 0.05%

برای سنجش فشار از سنسور های فشار هاگلر مدل HOTJ0016FGCK استفاده شده است. این سنسورها مقاومت بالایی در برابر شوک و لرزش داشته و فشار را در بازه ۰ تا ۱۶ بار اندازه گیری می کنند.

جدول (۲) مشخصات سنسور فشار هاگلر

نام محصول	HOTJ0016FGC
نوع	سنسور فشار ۱۶ بار ولتاژی
رنج فشار	0 to 16 bar
سیگنال خروجی	0-10 VDC
دقت اندازه گیری	± 0.5 % FS >

۴-۶- محل نصب سنسورها

سنسورهای دما و فشار برای اندازه گیری پارامتر های حیاتی هر یک از تجهیزات و رصد لحظه ای عملکرد آن ها در نقاط مختلف به شرح جدول ۳ نصب گردیده اند.

جدول (۳) محل نصب سنسورها		
نام دستگاه	نوع سنسور	محل نصب
پمپ های فن کویل (اداری)	سنسور فشار	کلکتور مکش پمپ ها
	سنسور فشار	کلکتور دهش پمپ ها
پمپ های سرمایش (تجاری)	سنسور فشار	کلکتور مکش پمپ ها
	سنسور فشار	کلکتور دهش پمپ ها
پمپ های گرمایش (تجاری)	سنسور فشار	کلکتور مکش پمپ ها
	سنسور فشار	کلکتور دهش پمپ ها
پمپ های برج خنک کننده	سنسور فشار	مکش هر پمپ
	سنسور فشار	دهش هر پمپ
پمپ های هواساز	سنسور فشار	کلکتور مکش پمپ ها
	سنسور فشار	کلکتور دهش پمپ ها
چیلر ها	سنسور دما	ورودی اواپراتور
	سنسور دما	خروجی اواپراتور
	سنسور دما	ورودی کندانسور
	سنسور دما	خروجی کندانسور
	سنسور فشار	ورودی کندانسور
	سنسور فشار	خروجی کندانسور

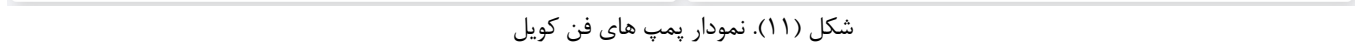
۵- تحلیل داده ها و نتایج

با جمع آوری اطلاعات از فضای ابری و تحلیل منحنی های بدست آمده نتایج به شرح ذیل حاصل گردید:

۵-۱- عملکرد نامناسب پمپ های فن کویل

بدلیل زیاد بودن اختلاف فشار مکش و دهش پمپ های فن کویل که در شکل (۱۰) مشهود می باشد، متوجه وجود مشکل در سیستم شدیم. که بررسی های بعمل آمده به شرح ذیل می باشد: محاسبه هد پمپ براساس فشار خوانده شده از نمودارها:

$$(6.4-4.07)*10=23.3m$$



۱۱۵ صفحات A,B,C در صفحه ۱۱۵

با توجه به اینکه از سه چیلر موجود در پروژه فقط یک عدد در حال کار می‌باشد، تمامی آب عبوری از پمپ از چیلر مربوطه عبور میکند. طبق کاتالوگ چیلر مربوطه که در شکل (۱۳) نمایش داده شده دبی آب سرد $209 \frac{m^3}{h}$ می‌باشد. بنابراین جهت رفع مشکل باید مقداری آب را از داخل یکی از دو چیلر دیگر عبور داد.

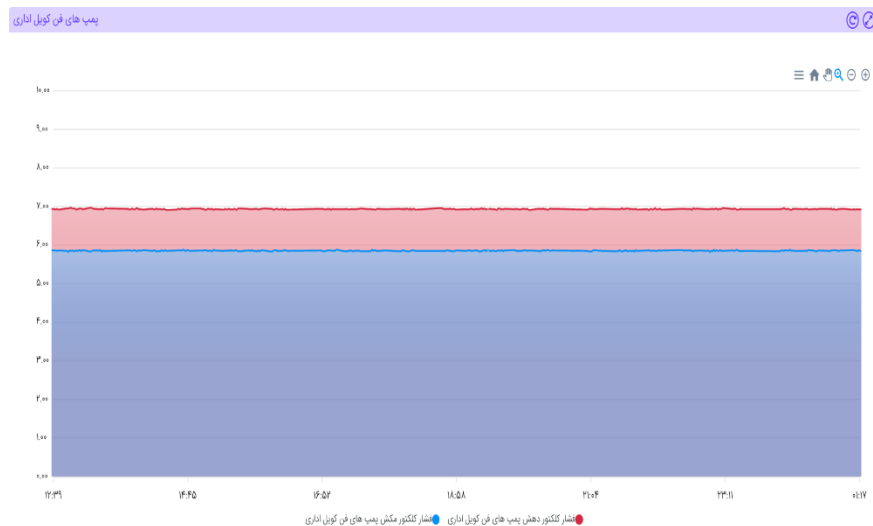
نام دستگاه: چیلر ساری پویا	
کارخانه:	ساری پویا
مدل:	SSE-۴۰
ظرفیت واقعی:	۳۵۰TR
افت فشار سرماپیش:	۱۵ft.W
دبی آب کندانسور:	۱۴۵۲GPM (۳۵۰m³/h)
سایز اتصالات برج خنک کننده:	۸"
منبع حرارتی ژنراتور:	آب داغ
مشخصات الکتریکی پمپ میرد:	۳P/۳۸۰V/۵۰Hz
نوع:	SSE-W
شماره سریال:	۹۸۰۱ASIB۲۱
دبی آب سرد:	۸۷۱GPM (۲۰۹m³/h)
سایز اتصالات سرماپیش:	۶"
افت فشار برج خنک کننده:	۲۸ft.W
بخار مصرفی:	۶۷۸۸lb/h
مشخصات الکتریکی پمپ ابزارور:	۳P/۳۸۰V/۵۰Hz
مشخصات الکتریکی پرچینگ پمپ:	۲۲۰V

شکل (۱۳). شناسنامه چیلر ساری پویا

همچنین بدلیل عدم تطابق پمپ و الکتروموتور و بالا بودن میزان آمپر مصرفی الکتروموتور پمپ می‌توان گفت که می‌بایست به اندازه ۶cm پروانه پمپ تراش داده شود تا الکتروموتور مربوطه تحت فشار قرار نگیرد. همچنین پس از بررسی های بعمل آمده مشخص گردید محل اتصال منبع انبساط به سیستم نادرست می‌باشد. در این پروژه لوله منبع انبساط سرد به کلکتور مکش متصل گردیده بود و این امر سبب اختلاف فشار زیاد مکش و دهش پمپ گردیده بود که پس از اصلاح آن و اتصال لوله منبع انبساط سرد به کلکتور دهش چیلرها فشار پمپ های مربوطه در حالت نرمال قرار گرفت که نمودار فشار مکش و دهش پمپ های مربوطه در شکل (۱۵) قابل مشاهده می‌باشد.



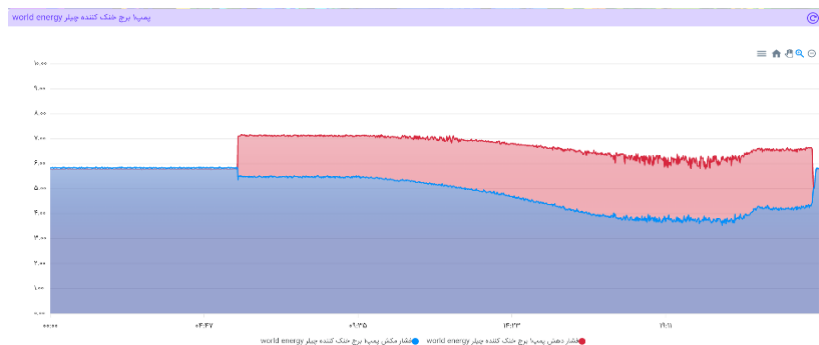
شکل (۱۴). محل اتصال منبع انبساط سرد به کلکتور مکش



شکل (۱۵). نمودار فشار مکش و دهش پمپ های فن کویل

۵-۲-۱ ایجاد پدیده گردابه در برج خنک کننده چیلر ورد انرژی

پیرو بررسی و مطالعه منحنی‌های کارکرد پمپ های برج خنک کننده مشاهده گردید در برج خنک کننده چیلر ورد انرژی پدیده گردابه شکل می‌گیرد و مخلوط هوا و آب وارد پمپ و کندانسور چیلر می‌شود که میتواند آسیب های جدی به پمپ و چیلر وارد شود نمونه ای از گراف عملکرد در شکل ۱۶ نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد وجود هوا دانسیه آب را به حدود ۶۰۰ تقلیل داده است. ارتعاشات و نوسانات فشار در منحنی فشار و در هنگام تشکیل گردابه کاملاً مشهود است.



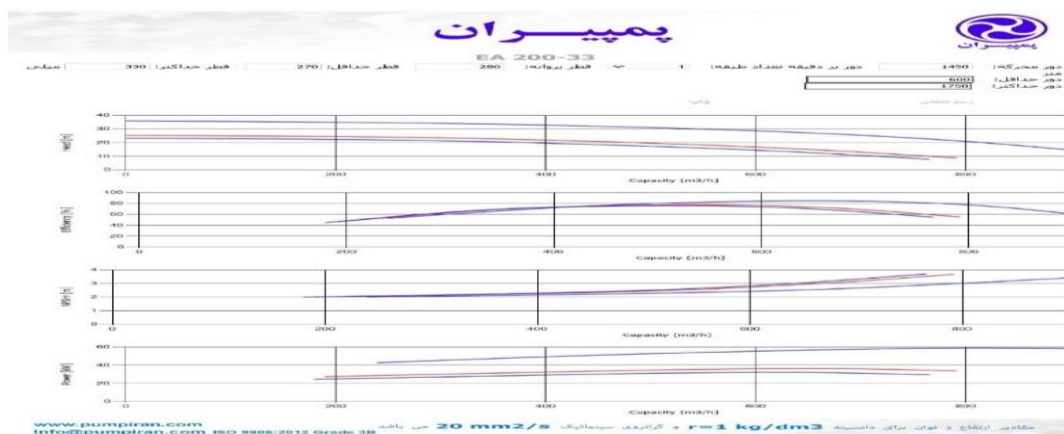
شکل (۱۶). منحنی فشار مکش و دهش پمپ برج خنک کننده ورد انرژی

با بررسی مشخصات چیلر دبی مورد نیاز برای چیلر $630 \frac{m^3}{h}$ آب مورد نیاز است و افت فشار مسیر با اندازه‌گیری‌های صورت پذیرفته حدود ۱.۷ بار می‌باشد. با مراجعه به منحنی عملکرد پمپ خریداری شده و نصب شده به مدل EA200-33 که تصویر نقطه کار پمپ در شکل شماره ۱۸ نشان داده شده است، مشاهده می‌گردد که قطر پروانه می‌بایست به ۲۸۰ mm و قدرت موتور به ۴۰ kW کاهش یابد.

نام دستگاه: پمپ های گردش آب برج خنک کننده (چیلر World Energy)

کارخانه :	پمپیران - موتوژن	مدل پمپ :	EA200-33
دبی :	۶۵۰m ³ /h	هد :	۲۷.۳m
دور :	۱۴۵۰RPM	توان :	۵۰kW
مدل الکتروموتور :	۲۵۰MF	مشخصات الکتریکی :	۳Ph/۳۸۰V/۱۰۲.۱A/۵۰Hz
قطر پروانه پمپ :	۳۳۰mm	تعداد :	۲

شکل (۱۷). شناسنامه پمپ های برج خنک کننده چیلر ورد انرژی

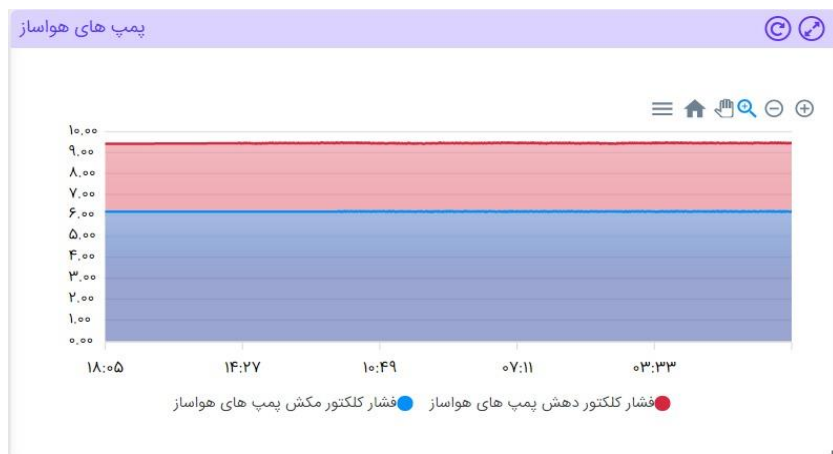


شکل (۱۸). منحنی عملکرد پمپ های برج خنک کننده چیلر ورد انرژی

۵-۳-ارائه راهکار جهت مدیریت کارکرد تجهیزات

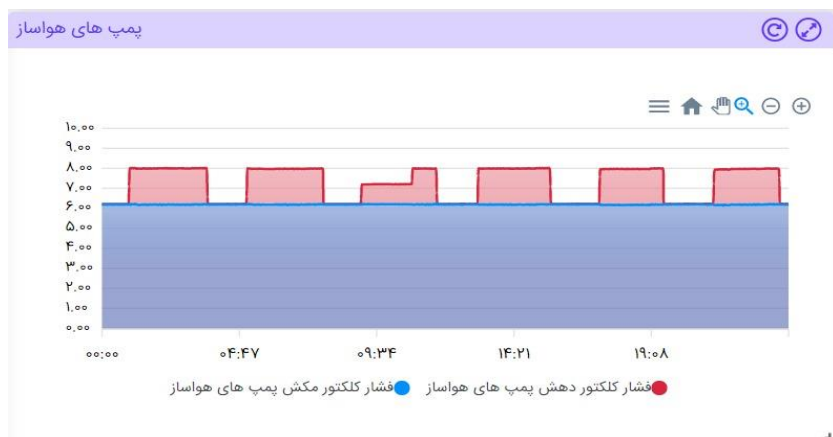
۵-۳-۱-انجام جابجایی پمپ ها و روشن و خاموش کردن صحیح آنها

با توجه به بررسی نمودار عملکرد پمپ ها مشخص گردید خاموش و روشن نمودن پمپ ها بدرستی انجام نگرفته و در مواقعی که نیاز نمی باشد پمپ ها بصورت ۲۴ ساعته در حال کار می باشند. برای نمونه نمودار عملکرد پمپ های هواساز در بازه ۶ روزه مطابق شکل (۱۹) می باشد.



شکل (۱۹). نمودار عملکرد پمپ های هواساز

مورد فوق پس از تذکر به نگهدار مربوطه برطرف گردید که نمودار عملکرد پمپ های هواساز به شرح زیر قابل مشاهده می‌باشد:



شکل (۲۰). نمودار عملکرد صحیح پمپ های هواساز

همچنین مشخص گردید جابجایی پمپ ها بصورت مناسب انجام نمی‌شود که با توجه به این موضوع نیاز است تا پمپ های رزرو یک روز در میان استارت شوند.



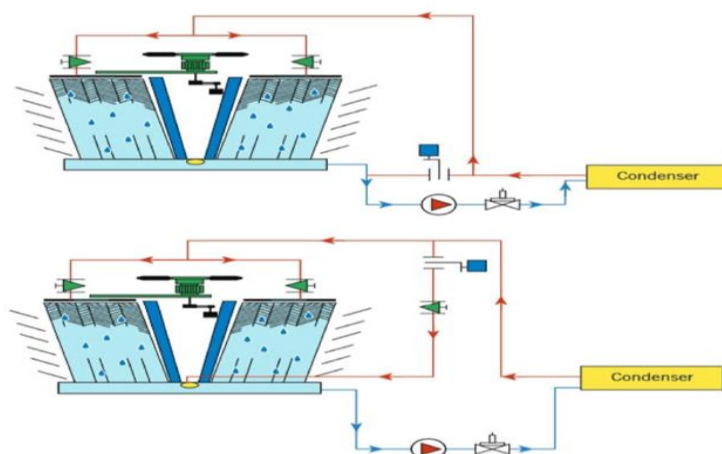
شکل (۲۱). نمودار عملکرد دو پمپ که جابجایی پمپ ها بدرستی انجام نشده است

۵-۴- راه اندازی چیلر ساری پویا در فصول بینابینی

با توجه به تغییرات دما در فصول بینابینی لازم است تا یک دستگاه چیلر در این فصول بتواند کار کند و از آنجایی که تنها فن کویل های بخش تجاری چهار لوله ای اجرا شده است مناسب ترین چیلر برای این امر چیلر ساری پویا می باشد و به منظور افزایش طول عمر سایر چیلر ها مناسبتر است دو دستگاه چیلر دیگر در این فصول روشن نشوند. برای راه اندازی چیلر ساری پویا دمای آب ورودی به کندانسور این چیلر می بایست کنترل شود تا از ۲۲ درجه سانتی گراد کمتر نشود. یکی از راهکارهای مناسب برای این موضوع بای پس نمودن آب خروجی از چیلر می باشد. مطابق با آنچه در شکل ۲۲ نشان داده شده است، برای بای پس نمودن دو روش بطور کلی وجود دارد:

الف) بای پس به مخزن برج خنک کننده

ب) بای پس نمودن به لوله مکش پمپ

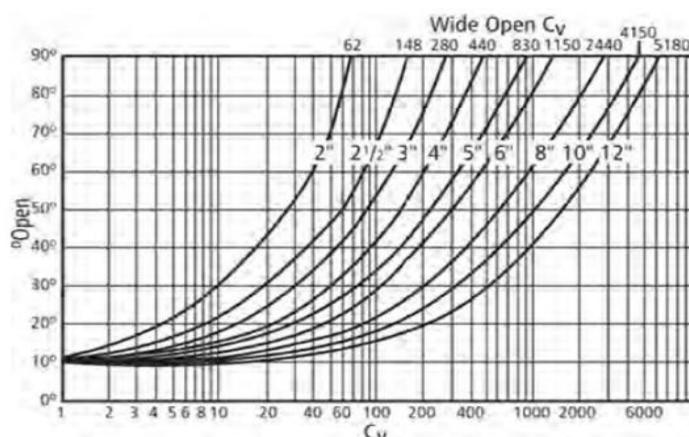


شکل (۲۲). دو حالت مختلف برای بای پس نمودن آب برج خنک کننده: الف) بای پس به پمپ و ب) بای پس به برج خنک کننده

مناسبترین راه بای پس به داخل برج خنک کننده می باشد که باعث پایداری بیشتر سیستم و کاهش ورود هوا به پمپ و کندانسور چیلر می شود.

۶- محاسبات

به منظور عدم جابجای منحنی عملکرد پمپ لازم است تا افت فشار در شیر پروانه ای را معادل افت فشار برج خنک کننده که حدود ۱۲ فوت می باشد در نظر گرفته شود. با توجه به گذر آب برج خنک کننده از چیلر که معادل ۱۴۵۲ گالن بر دقیقه می باشد مقدار CV شیر پروانه ای معادل ۶۶۰ در نظر گرفته شود. سائز شیر پروانه ای بر اساس منحنی شیرالات پروانه ای معادل ۶" انتخاب می گردد. در اینصورت شیر با زاویه ۶۰ درجه دبی کامل را عبور خواهد داد. تا پنج برابر قطر شیر قبل و بعد از شیر سائز لوله برابر سائز شیر اجرا می گردد.



شکل (۲۳). منحنی عملکرد شیرهای پروانه ای

۷- نتیجه گیری

در این پژوهش نوآوری رصد لحظه ای اطلاعات حیاتی تأسیسات به کمک سنسورها و بر پایه ی اینترنت اشیا برای مراکزی تأسیساتی از جمله موتورخانه ها پیاده سازی شده است که هدف اصلی آن، ایجاد روش نظام مند جهت مدیریت، سازماندهی و ارزیابی صحیح عملکرد تجهیزات و سیستم های تأسیسات حرارت مرکزی می باشد. در همین راستا می توان با اجرای دقیق تعمیرات برنامه ریزی شده و نوسازی های پیشگیرانه تعمیرات تکراری و ضایعات را کاهش داد و در سمت مقابل سبب افزایش طول عمر و بهره برداری مفید از تأسیسات گردید. همچنین به کمک اطلاعات بدست آمده می توان در جهت مدیریت انرژی و صرفه جویی در مصرف آن گام برداشت.

قدردانی و تشکر

بدین وسیله از رئیس هیئت مدیره موسسه اعتباری توسعه و مدیریت محترم مرکز اسناد انقلاب اسلامی که کلیه هزینه های پژوهش حاضر را تقبل نموده اند و موجبات گسترش مانیتورینگ صنعتی سیستم های تهویه مطبوع و حرارت مرکزی را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می گردد.

مراجع

- Cheng, J. C., Chen, W., Chen, K., & Wang, Q. (2020). Data-driven predictive maintenance planning framework for MEP components based on BIM and IoT using machine learning algorithms. *Automation in Construction*, 112, 103087.
- Kazado, D., Kavagic, M., & Eskicioglu, R. (2019). Integrating building information modeling (BIM) and sensor technology for facility management. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 24(23), 440-458.
- Bouabdallaoui, Y., Lafhaj, Z., Yim, P., Ducoulombier, L., & Bennadji, B. (2021). Predictive maintenance in building facilities: A machine learning-based approach. *Sensors*, 21(4), 1044.
- Momeni, M., Jani, S., Sohani, A., Jani, S., & Rahpeyma, E. (2021). A high-resolution daily experimental performance evaluation of a large-scale industrial vapor-compression refrigeration system based on real-time IoT data monitoring technology. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101427.
- Hassiotis, M. K., (2020). Internet of Things (IoT) Challenges That Cannot Be Ignored. www.pumpiran.co