Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

فصلنامه علمی انرژی ایران
دوره ۲۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحه ۲۲۱ – ۲۰۳

تجزیه و تحلیل پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل

[۱] بهروز الفی*، [۲] میلاد دادجو

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹ / ۱۱ / ۱۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰ / ۱ / ۲۳

کلمات کلیدی:
ترموویژن،
دیماند قراردادی،
شاخص مصرف انرژی،
ممیزی انرژی.

چکیده

بخش ساختمان یکی از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی و تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای است. ممیزی انرژی نیز از روش‌های مؤثر برای شناسایی بهره‌وری و صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. شاخص مصرف انرژی در دانشگاه آزاد اردبیل در سال نود و هشت ۹۳۵KWh/m^2 بوده که موجب انتشار ۴۶۲۳ تن گازهای گلخانه‌ای در آن سال شده است و نشان دهنده وضعیت نامناسب مصرف انرژی در این دانشگاه است. از آنجائیکه ۹۱٪ مصرف کل انرژی در این واحد سهم مصرف گاز طبیعی است ضروری است برای کاهش شاخص مصرف انرژی بیشتر در این بخش سرمایه‌گذاری شود. بررسی اقدامات پیشنهادی و پیاده‌سازی شده از اهداف این مقاله است. طرح هوشمندسازی موتورخانه و استفاده از آبگرمکن خورشیدی از جمله پیشنهاداتی است که می‌تواند وضعیت مصرف انرژی را بهبود ببخشد. اندازه‌گیری شدت روشنایی، کاهش دیماند قراردادی، اصلاح تابلوی بانک خازنی، تصویربرداری حرارتی از تأسیسات الکتریکی و مکانیکی و بررسی اقتصادی هر یک از موارد فوق از کارهایی است که پیاده‌سازی آن موجب صرفه‌جویی، کاهش شاخص مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. استادیار گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران (نویسنده مسئول) beh_alfi@yahoo.com
۲. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل ایران milad_d6889@yahoo.com

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

۱. مقدمه

ممیزی انرژی مهمترین گام برای اجرای برنامه‌های مدیریت انرژی است. تعیین اینکه در یک سیستم چگونه، کجا و چه مقدار انرژی استفاده شود از اهداف ممیزی انرژی بوده و از مزیت‌های آن افزایش قابلیت اطمینان، بهبود قابلیت نگهداری تأسیسات، کاهش تلفات، صرفه‌جویی و کاهش هزینه‌ها و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. مطابق اولین تعریف ANSI[1] ممیزی مطالعه‌ای روشمند و یا یک ارزیابی جهت جمع آوری اطلاعات می‌باشد. امروزه در بیشتر کشورها ارتباط تنگاتنگی بین انرژی و سود سازمان‌ها وجود دارد و هرگونه صرفه‌جویی در مصرف انرژی موجب سودآوری بیشتر می‌شود. سهم مصرف انرژی مشترکین تجاری و خانگی در نقاط مختلف دنیا در حدود ۲۰٪-۶۰٪ کل انرژی مصرفی است (ژانگ[2] و دیگران، ما[3] و دیگران، پرز لمبارد[4] و دیگران). در بسیاری از کشورها برای تامین تقاضای مصرف کنندگان از نیروگاه‌ها با سوخت فسیلی استفاده می‌شود که عامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش دمای کره زمین است (حسن الزمان[5] و دیگران) لذا بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌تواند منجر به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای گردد. عمده مصرف انرژی در بخش ساختمان‌های آموزشی گرمایش، سرمایش، روشنایی، تجهیزات اداری مانند رایانه و چاپگر و نیز تجهیزات آزمایشگاهی است.

طبق یافته‌های (ایهارا[6] و دیگران) در ژاپن حدود ۴۵٪ مصرف انرژی در ساختمانهای اداری صرف گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها می‌شود بنابراین ممیزی انرژی یک راه حل خوب در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی است. (مورتیمر[7] و دیگران) مقدار صرفه‌جویی انرژی سیستم روشنایی را از طریق جایگزینی لامپ‌های رشته‌ای با فلورسنت حدود ۷۵٪ گزارش و تاثیر طراحی و استفاده از سیستم‌های کنترلی را در کاهش مصرف انرژی ۲۰٪ گزارش نموده‌اند. مطالعات (سینگ[8] و دیگران) نشان داد که

1 American National Standards for Industries
2 Zhang
3 Ma
4 Perez-Lombard
5 Hasanuzzaman
6 Ihara
7 Mortimer
8 Singh

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

ممیزی انرژی باعث افزایش بهره‌وری و کاهش تلفات انرژی می‌گردد. در کشور ما بدلیل نرخ پایین انواع حامل‌های انرژی و عدم پیگیری و اهمیت مصرف‌کنندگان در بخش‌های مختلف نسبت به میزان مصرف انرژی باعث شده انرژی بیشتری نسبت به آنچه که مورد نیاز است مصرف شود.

قبل از شروع این طرح پژوهشی مقالات معتبری نیز در رابطه با ممیزی انرژی از انتشارات IEEE مطالعه شد تمرکز این مقالات بر روی ممیزی انرژی در صنایع سنگین، کارخانجات و نیروگاه‌ها است (لی[1] و دیگران، ۲۰۰۲، هامر[2] و دیگران، ۱۹۹۷، ویلکنسون[3] و دیگران، ۱۹۹۱). تعدادی مطالعه موردی نیز در زمینه ممیزی انرژی دانشگاه‌ها، در کشورهای مختلف در کنفرانس‌ها گزارش و راهکارهایی نیز ارائه شده است (شرما[4] و دیگران، ۲۰۱۵، سینگ[5] و دیگران، ۲۰۱۲، گویال[6] و دیگران، ۲۰۱۳). این راهکارها عمدتاً شامل راهکارهای فنی و مهندسی، اقتصادی، حقوقی و راهکارهای فرهنگی می‌باشد. در رابطه با هر یک از راهکارهای فوق مطالعات و تحقیقات گسترده ای به عمل آمده است. اما باید دقت نمود که بکارگیری هر یک از این راهکارها در هر کشوری به خصوصیات فنی اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی آن کشور بستگی دارد. با توجه به وسعت کشور ما و شرایط آب و هوایی این راهکارها در استانهای مختلف نیز متفاوت است. در کشور ما هم مطالعات مقدماتی در این حوزه‌ها انجام شده ولی برنامه‌ریزی مشخصی برای بهینه سازی مصرف انرژی وجود ندارد. طراحی بهینه ساختمان بر اساس مبحث ۱۹ مقررات سازمان نظام مهندسی، تدوین استانداردهای مصرف انرژی در کلیه مصالح ساختمانی، تدوین برچسب انرژی در ساختمان‌ها، بررسی دوره‌ای بازده کلیه تجهیزات گرمایشی و سرمایشی، طراحی بهینه سیستم‌های روشنایی، استفاده از سیستم‌های کنترلی و سیستم‌های مدیریت انرژی، مدیریت مصرف برق و اموزش و اطلاع رسانی از جمله راهکارهای مدیریت انرژی است که در این مطالعات مورد توجه قرار گرفته است.

1 Lee
2 Hamer
3 Wilkinson
4 Sharma
5 Singh
6 Goyal

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

این تحقیق با هدف اینکه، آیا دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل از نظر وضعیت مصرف انرژی در شرایط مناسب است یا خیر؟ تعریف شده است. ارزیابی شاخص مصرف انرژی و تجزیه و تحلیل آن یافتن فرصت-های عملی و مقرون به صرفه در صرفه جویی انرژی و ارزیابی اقتصادی آن، نگاه دقیق به کارنامه برق و گاز و بررسی راه‌های مختلف جهت کاهش صورتحساب و نیز اموزش و آگاه نمودن پرسنل مستقر در محل از اهداف دیگر این تحقیق بوده و در همین راستا، دانشکده فنی و مهندسی به عنوان یک نمونه عملی انتخاب و راهکارها و پیشنهاداتی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کل دانشگاه در این مقاله ارائه گردید.

این مقاله از قسمت‌های زیر تشکیل شده است: ابتدا در قسمت (۲) روش‌های ممیزی انرژی توضیح داده می‌شود. در قسمت (۳) شاخص مصرف انرژی سالانه دانشگاه محاسبه شده و بدلیل سهم مصرف گاز در بالا بودن این شاخص در بخش (۴) سیستم گرمایش دانشکده برق بعنوان نمونه عملی انتخاب و روش‌های کاهش مصرف گاز بررسی شد. در قسمت (۵) بعد از اندازه‌گیری شدت روشنایی و مشخص شدن بالا بودن شدت روشنایی از مقدار استاندارد آن در کلاس‌ها و واحدهای اداری، طرح حذف تعدادی لامپ در هر قاب پیشنهاد گردید، تاثیر کاهش دیماند قراردادی در صورتحساب برق دانشگاه و طرح اصلاح بانک خازنی و بررسی اقتصادی آن نیز از موارد دیگری است که در این قسمت بررسی شده است. قسمت (۶) تاثیر ترموگرافی در پیش‌بینی عیوب و تاثیرات مثبت ناشی از آنرا بررسی می‌کند و در نهایت در قسمت (۷) نتیجه‌گیری ارائه شده است.

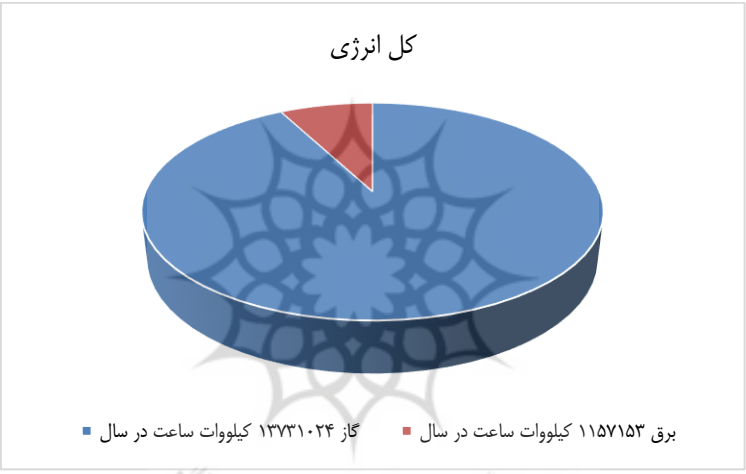
۲. روش ممیزی انرژی

ممیزی انرژی به دو دسته تقسیم می‌شود: الف) ممیزی مقدماتی انرژی، ب) ممیزی دقیق انرژی. ممیزی مقدماتی انرژی در یک بازه زمانی محدود و معمولا یکساله انجام می‌شود در صورتیکه ممیزی دقیق در بازه زمانی سه تا پنج سال است. ممیزی مقدماتی فرایند کاهش اتلاف انرژی، افزایش بهره‌وری و بهبود عملکرد سیستم را شامل می‌شود در صورتیکه ممیزی دقیق استفاده از فن‌آوری، تجهیزات کنترلی و تغییرات عمده در سیستم را بررسی می‌کند. ممیزی انرژی یک فرآیند سه مرحله‌ای است: مرحله اول) جمع آوری اطلاعات، مرحله دوم) تجزیه و تحلیل داده‌ها و مرحله سوم پیشنهادات بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌ها و مشاهدات همراه با بررسی اقتصادی آنهاست. در ادامه با توجه به جمع‌آوری اطلاعات برق و گاز در پنج سال گذشته و در بعضی موارد اطلاعات سال ۱۳۹۸ روند ممیزی انرژی توضیح داده می‌شود.

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

۳. تعیین شاخص مصرف انرژی

شکل (۱) مصرف انرژی الکتریکی و نیز معادل انرژی حرارتی مصرف گاز بر حسب کیلووات ساعت را در سال ۹۸ نشان می‌دهد. حجم گاز مصرفی دانشگاه در این سال ۱۲۶۷۴۶۹ مترمکعب و بهای آن مبلغ یک میلیارد پانصد میلیون ریال و مقدار مصرف برق ۱۱۵۷۱۸۳ کیلووات ساعت و بهای آن هفتصد و بیست وچهار میلیون صدو چهل و سه هزار ریال بوده که در مقایسه با بهای برق رقم قابل توجهی می‌باشد (حدودا دو برابر از نظر ریالی).



شکل ۱- مقدار مصرف گاز و برق در سال ۱۳۹۸

برای تعیین وضعیت مصرف انرژی در سال ۹۸ ، انرژی حرارتی مصرفی گاز را بر حسب کیلووات ساعت بصورت رابطه (۱) محاسبه می‌کنیم:

$$1267469\,\frac{\mathrm{m^3}}{\mathrm{year}} \times 39\,\frac{\mathrm{Mj}}{\mathrm{m^3}} = 45628884\,\frac{\mathrm{Mj}}{\mathrm{year}} \times 0.27778 = 13731024\,\frac{\mathrm{KWh}}{\mathrm{year}} \qquad (۱)$$

کل مصرف انرژی دانشگاه در طول یکسال برابر خواهد بود با (۲):

$$13731024\,\frac{\mathrm{KWh}}{\mathrm{year}} + 1157153\,\frac{\mathrm{KWh}}{\mathrm{year}} = 14888177\,\frac{\mathrm{KWh}}{\mathrm{year}} \qquad (۲)$$

با تقسیم کل مصرف انرژی ساختمان در طول یکسال به مساحت کل ساختمان شاخص مصرف انرژی (رابطه ۳) مشخص می‌شود. مساحت دانشگاه ازاد اسلامی واحد اردبیل بدون احتساب مساحت

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

بیمارستان که دارای تغذیه جداگانه است ۳۷۶۶۲ متر مربع می‌باشد. بر اساس جدول (۱) (گلداستین[1] و دیگران، ۲۰۱۴) وضعیت انرژی مصرفی در این دانشگاه دارای مشکل اساسی بوده و ضروری است برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی به اجرا درآید.

$$\text{Energy Consumption} = \frac{14888177}{37662} = 395\,\frac{\text{KWh}}{\text{m}^2} \qquad (۳)$$

جدول ۱. وضعیت ساختمان‌ها از نظر شاخص مصرف انرژی

راهکار	وضعیت ساختمان	**انرژی مصرفی (کیلووات ساعت)**
حفظ وضعیت موجود	بسیار خوب	**کمتر از ۲۰۰**
جلوگیری از تلفات انرژِی	دارای مشکل	**بین ۲۰۰-۳۰۰**
اجرای برنامه بهینه‌سازی	دارای مشکل اساسی	**بین۳۰۰-۴۰۰**
بازبینی و در صورت امکان تعویض مصرف‌کننده‌های انرژی	غیرکارامد	**بیش از ۴۰۰**

از آنجائی‌که گاز مصرفی بیشترین سهم مصرف کل انرژی دانشگاه را دارا بوده لذا در ادامه بر روی برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در این بخش متمرکز می‌شویم.

٤. بررسی سیستم گرمایش ساختمان

استان اردبیل در عرض جغرافیایی ۳۸.۲۵ درجه و در ارتفاع ۴۳۰۰ فوت از سطح دریا قرار گرفته و دامنه تغییرات دما در تابستان و زمستان بترتیب ۲۹ و ۷.۵- درجه فارنهایت می‌باشد و از نظر آب و هوایی منطقه معتدل کوهستانی محسوب می‌شود بنابراین اکثر ساختمان‌ها در این استان از جمله دانشگاه آزاد در ماه‌های گرم نیازی به سیستم سرمایش ندارند. روشی که برای گرمایش فضاهای مختلف دانشگاه استفاده شده و یکی از مناسب‌ترین روش‌ها می‌باشد گرمایش مرکزی با آب (موتورخانه) می‌باشد. دانشکده فنی دارای دو دیگ فولادی بوده که در زمستان از ظرفیت هر دو دیگ برای تامین همزمان گرمایش و آب گرم مصرفی ساختمان استفاده می‌شود و در ماه‌های گرم تنها از یک دیگ بمنظور تامین آب گرم

1 Goldstin

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

سرویس‌ها استفاده می‌شود که اینکار کاهش عمر تجهیزات، هزینه بالای بهای گاز و افزایش استهلاک تجهیزات مکانیکی را بدنبال دارد در صورت استفاده از آبگرم‌کن خورشیدی یا حتی آب گرمکن گازی و نیز با هوشمندسازی سیستم گرمایش و بکارگیری روش‌های کنترلی مختلف مانند تنظیم هوشمند دما، زمانبندی و ... انتظار می‌رود مصرف گاز و شاخص انرژی بشدت کاهش پیدا کند.

۱-٤. پیشنهاد طرح هوشمندسازی موتورخانه

در حال حاضر جهت تنظیم دمای آب مورد نیاز گرمایش و مصرفی ساختمان در موتورخانه دانشکده برق از ترموستات‌های معمولی استفاده می‌شود که قابلیت تنظیم توسط متصدی موتورخانه بر روی دمای دلخواه را دارند و بر اساس نقطه تنظیم شده، مشعل‌ها خاموش و یا روشن می‌شوند. از معایب اصلی این ترموستات‌ها عدم واکنش در اثر تغییر دمای هوای بیرون و همچنین وضعیت عملکردی در ساعات مختلف شبانه‌روز می‌باشد. در صورت افزایش دمای هوای محیط (نیاز به کاهش گرمای ساختمان) موتورخانه همچنان با دمای بالا کار می‌کند و گرمای بیش از حد مورد نیاز وارد ساختمان می‌شود که عملا این گرما تلف می‌شود. همچنین در هنگام شب نیز موتورخانه به فعالیت خود و تولید گرما ادامه می‌دهد جهت رفع این مشکل استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند مجهز به حسگر دمای محیط خارج، لوله خروجی آب از دیگ، مشعل‌ها و پمپ‌ها پیشنهاد می‌گردد. با اندازه‌گیری دمای محیط بیرون، دمای آب گرم مورد نیاز ساختمان (از طریق خاموش و روشن کردن مشعل‌ها) طوری تنظیم می‌شود که انرژی گرمایی متناسب با نیاز ساختمان تولید شود و از تولید گرمای اضافی جلوگیری شود. از مزایای دیگر هوشمندسازی قابلیت برنامه‌ریزی آن می‌باشد در اینصورت فقط در مواردیکه افراد در ساختمان حضور دارند و یا مواردی که لازم است سیستم راه‌اندازی می‌شود. لذا در روزها و ساعاتی که ساختمان خالی است موتور خانه خاموش شده و صرفه‌جویی قابل ملاحضه‌ای در مصرف سوخت و هزینه‌های مربوطه ایجاد می‌شود. بدیهی است نصب سیستم هوشمند موتورخانه می‌تواند سبب کاهش مصرف سوخت به میزان ۴۰٪ گردد (گیلن[1] و دیگران، ۲۰۱۹). لازم به ذکر است که برای تامین گرمایش فضاهایی که بطور دائم مورد استفاده قرار

1 Gielen

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

می‌گیرد می‌توان از سیستم‌های گرمایش موضعی مانند بخاری‌های گازی و نفتی بدون دودکش و استاندارد استفاده کرد.

۲-٤. پیشنهاد طرح استفاده از آبگرمکن خورشیدی

در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه بمنظور گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی برای ساختمان‌هایی که مصرف سالانه انرژی بالایی دارند الزام وجود دارد که حداقل ۲۰٪ انرژی مورد نیاز جهت تامین آب گرم مصرفی از انرژی خورشیدی استفاده کنند (گیلن و دیگران، ۲۰۱۹). همچنین با توجه به توضیحات بخش قبل دیدیم که در شش ماه اول سال تنها به منظور تامین اب گرم سرویس‌ها موتور خانه با یک دیگ کار می‌کند که علاوه بر مصرف بالای گاز موجب کاهش عمر تاسیسات مکانیکی هم می‌شود، لذا بنظر می‌رسد در صورت استفاده از آبگرمکن خورشیدی مصرف گاز در این بازه زمانی کاهش پیدا کند. آبگرمکن‌های خورشیدی بسته به روش و حجم سیال گرم شده به سه دسته تقسیم می‌شود: ۱) ابگرمکن خورشیدی برای تامین آب مصرفی در حجم محدود و مشخص و بصورت مستقل ۲) ابگرمکن خورشیدی برای تامین آب مصرفی در حجم بالا و بصورت مرکزی برای ساختمان‌ها با سیستم حرارت مرکزی ۳) آبگرمکن خورشیدی ترکیبی. در انتخاب آبگرمکن باید به مقدار حجم آب مورد نیاز بر حسب لیتر در دقیقه و نیز حداقل فضای مورد نیاز جهت نصب آبگرمکن روی بام توجه کرد. خوشبختانه بام دانشکده فنی با مساحت ۲۲۱۸ مترمربع فضای کافی برای نصب ابگرمکن خورشیدی در اختیار قرار می‌دهد. اگرچه استفاده از آبگرمکن خورشیدی بصورت مرکزی گزینه مناسبی بنظر می‌رسد ولی از آنجائیکه در این ساختمان نیاز به استفاده از آب گرم پرحجم و طولانی مدت (دوش حمام) وجود ندارد لذا انتخاب نوع مناسب آبگرمکن بعد از اندازه‌گیری حجم آبگرم مصرفی مشخص خواهد شد. بعد از انجام اینکارها و کاهش مصرف سالانه انرژی و یا همزمان با آن مباحث بهینه‌سازی و تنظیم فصلی موتورخانه باید جزو برنامه‌های دوره‌ای بخش تعمیر و نگه‌داری قرار گیرد.

۵. تجزیه و تحلیل مقدار مصرف برق و روش‌های کاهش آن

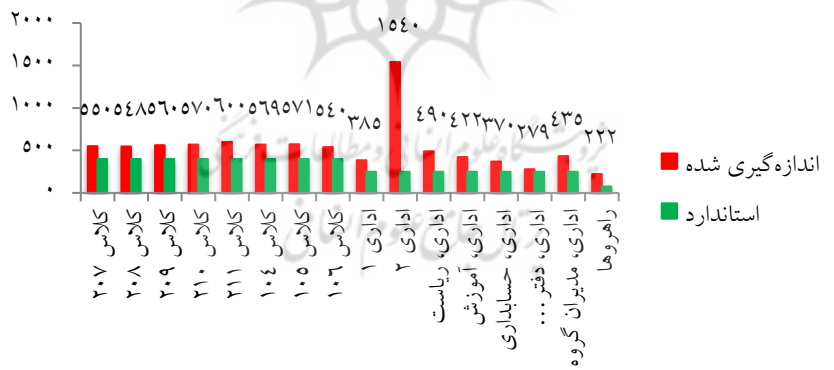
انواع بارهای الکتریکی در ساختمان‌ها، بارهای پایه و بارهای فصلی می‌باشد. بارهای فصلی، مانند گرمایش و تهویه مطبوع که ناشی از تغییرات آب و هوا یا تغییر در بهره‌برداری از ساختمان (فصل باز شدن مدارس) می‌باشد. بارهای پایه، بارهای مصرف‌کننده انرژی هستند که مقدار پیوسته‌ای از انرژی در

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

طول سال مصرف می‌کنند. از جمله بارهای پایه می‌توان به رایانه‌ها و سیستم روشنایی اشاره نمود که در این بخش می‌توان بیشترین صرفه‌جویی را داشت. میزان مصرف انرژی مانیتورهای LCD تقریبا نصف CRT در یک بازه زمانی یکسان است لذا استفاده از مانیتورهای LCD می‌تواند صرفه جویی اقتصادی قابل توجیه داشته باشد. اکثر کلاس‌ها و دفاتر اداری دانشکده برق از نور طبیعی کافی برخوردار هستند و نیز اندازه‌گیری شدت روشنایی در این دانشکده نشان داد که میزان شدت روشنایی در فضاهای مختلف دانشکده بیشتر از حد استاندارد است. در این قسمت بررسی اقتصادی کاهش روشنایی دانشکده فنی بر اساس اطلاعات اندازه‌گیری شده توضیح داده می‌شود.

۱-۵. اندازه‌گیری شدت روشنایی

شدت روشنایی متوسط روی میز کار در کلاس‌ها، سالن، و قسمت‌های اداری دانشکده صبح و شب توسط لوکس‌متر اندازه‌گیری شد. مقادیر شدت روشنایی در هر فضا در ۹ نقطه مختلف اندازه‌گیری و ثبت شد. مقادیر اندازه‌گیری در صبح، بدون نور مصنوعی و توام با نور مصنوعی انجام گرفت و سپس متوسط شدت روشنایی در روز- توام با نور مصنوعی محاسبه و در نهایت با مقادیر استاندارد مقایسه گردید شکل (۲).



شکل ۲. شدت روشنایی اندازه‌گیری شده در دانشکده فنی و مقادیر استاندارد

مقادیر استاندارد برای کلاس‌ها، واحدهای اداری و راه‌روها به ترتیب ۴۰۰، ۲۵۰ . ۷۵ لوکس می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری‌های به‌عمل آمده مشخص می‌کند که میزان شدت روشنایی دانشکده بیشتر از حد استاندارد می‌باشد. با مقایسه شدت روشنایی کلاس‌ها با مقدار استاندارد آن دیده می‌شود که شدت

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

روشنایی در کلاس‌ها به اندازه ۹۰–۲۰۰ و در راهرو به اندازه ۱۴۷ لوکس بیشتر از حد استاندارد آن است بنابراین امکان کاهش تعداد لامپ‌ها از یک تا سه لامپ در هر قاب چراغ وجود دارد (قاب ۵ تایی با لامپ فلورسنت و توان هر لامپ ۳۶ وات) که لازم است بعد از کاهش تعداد لامپ‌ها مجددا شدت روشنایی اندازه‌گیری و با مقدار استاندارد آن مقایسه شود. رابطه (۴) نحوه محاسبه انرژی سیستم روشنایی را نشان می‌دهد در این رابطه N_L تعداد لامپ، N_f تعداد قاب N_d تعداد روز P_L توان یک لامپ و T_{on} زمان روشن بودن لامپ است. در جدول (۲) میزان کاهش هزینه مصرف انرژی ماهانه به ازای ۳۰۰ چراغ نصب شده در دانشکده فنی با نرخ میان باری به مبلغ ۳۴۰ ریال به ازای هشت ساعت روشن بودن در روز و کاهش یک و دو لامپ در هر چراغ نشان داده شده است همانطوریکه از جدول مشخص است امکان کاهش تا ۶۰٪ در مصرف انرژی سیستم روشنایی دانشکده فنی و مهندسی وجود دارد. بدیهی است راهکارهای نوین مدیریت انرژی تا ۸۰ درصد مصرف انرژی را در بخش روشنایی کاهش می‌دهد. (هوشمند سازی و اصلاح ساختار تجهیزات).

$$E_{on}(KWh) = N_L \times N_f \times N_d \times T_{on} \times P_L \qquad (۴)$$

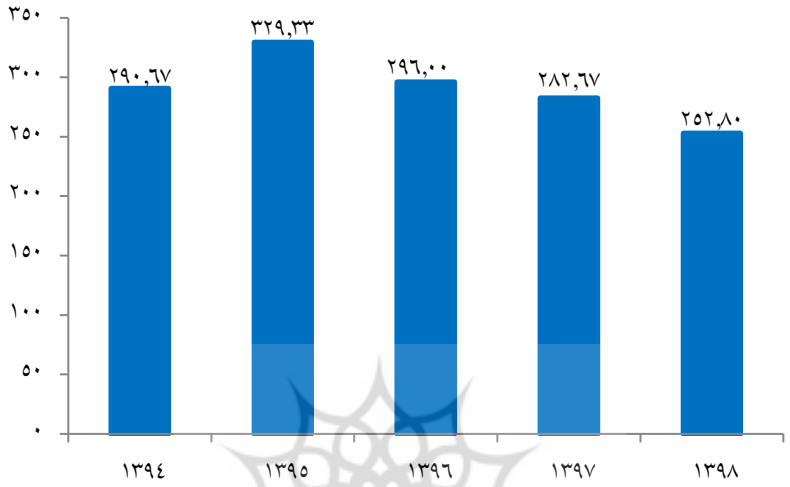
جدول ۲. تاثیر کاهش تعداد لامپ‌ها در میزان مصرف انرژی سیستم روشنایی دانشکده

	مصرف انرژی ماهانهKWh	قیمت بر اساس نرخ میانباری (ریال)	میزان صرفه‌جویی
تعداد ۵ لامپ در هر قاب	۱۲۹۶۰	۴۴۰۶۴۰۰	۰٪
تعداد ۴ لامپ در هر قاب	۱۰۳۶۸	۳۵۲۵۱۲۰	۲۰٪
تعداد ۳ لامپ در هر قاب	۷۷۷۶	۲۶۴۳۸۴۰	۴۰٪

۲-۵. تاثیر کاهش دیماند بر هزینه برق

شکل (۳) میانگین دیماند مصرفی دوره‌ای دانشگاه از سال ۹۴–۹۸ را نشان می‌دهد. در طی این ۵ سال دیماند مصرفی همواره کمتر از دیماند قراردادی بوده است. دانشگاه آزاد اردبیل با دیماند قراردادی ۴۰۰ کیلووات (قبل از کاهش ۳۳۰ کیلووات) جزو مشترکین دیماندی با تعرفه اموزشی محسوب می‌شود. منظور از دیماند قراردادی میزان جریان برق درخواستی مشترک جهت مصارف سنگین بر حسب کیلووات می‌باشد.

مشترکین دیماندی، مشترکینی با دیماند قراردادی بالای ۳۰ کیلووات بوده و علاوه بر پرداخت هزینه از بابت توان اکتیو و راکتیو از بابت مقدار دیماند محاسبه شده هم در هر دوره مبلغی را پرداخت می‌کنند.



شکل ۳. میانگین دیماند مصرفی پنج ساله دانشگاه

برای اندازه‌گیری دیماند مصرفی از ماکسیمتر استفاده می‌شود ماکسیمتر یا دستگاه اندازه‌گیری بار ماکسیمم به کنتورهای اندازه‌گیری گفته می‌شود که متوسط مصرف مشترکان را در بازه‌های زمانی مشخص محاسبه و بیشینه آن‌را نشان می‌دهد. این دستگاه مقدار بیشینه ثبت شده در یک بازه زمانی مشخص مثلا یک ساعت یا پانزده دقیقه را نشان می‌دهد و نشان دهنده مقدار لحظه‌ای توان نیست. اگر مقدار دیماند مصرفی نزدیک به دیماند قراردادی باشد مشترک بر اساس تمام دیماند قراردادی بهای دیماند را پرداخت می‌کند ولی اگر دیماند مصرفی از ۹۰٪ دیماند قراردادی کمتر باشد همان ۹۰٪ دیماند قراردادی ملاک محاسبه بهای دیماند قرار می‌گیرد. با توجه به شکل (۳) درخواست کاهش دیماند به مقدار ۳۳۰ کیلووات به امور سه اردبیل داده شد که بعد از موافقت شرکت توزیع مبلغ سیزده میلیون و ششصد هزار تومان به حساب دانشگاه برگردانده شد. در جدول (۳) اطلاعاتی از صورتحساب برق از تاریخ ۹۹/۱۰/۹۸–۱۵/۱۰/۱۴ به مدت ۳۶۶ روز بعد از کاهش دیماند قراردادی استخراج و ارائه شده است.

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

جدول ۳. اطلاعات بهای دیماند و قدرت راکتیو از تاریخ ۹۸/۱۰/۱۴ – ۹۹/۱۰/۱۵

دوره از تاریخ تا تاریخ	تعداد روزها	قدرت مصرفی و محاسبه شده بر حسب کیلووات بعد از کاهش دیماند	بهای قدرت بر اساس دیماند ۴۰۰ و ۳۳۰ کیلووات(ریال)	کیلووار ساعت و بهای آن (ریال)	مقدار صرفه جویی در صورت اصلاح تابلو بانک خازنی (ریال)
۹۸/۱۰/۱۴ ۹۸/۱۱/۱۴	۳۰	۲۴۰ ۲۹۷	۶۲۵۸۶۰۰ ۵۱۶۳۵۳۸	۸۱۲۳۱ ۴۷۰۷۵۱۴	۲۹۲۳۳۹۹
۹۸/۱۱/۱۴ ۹۸/۱۲/۲۳	۳۹	۹۶ ۲۹۷	۱۰۷۰۳۲۵۳ ۸۸۳۰۱۰۷	۹۱۰۷۲ ۵۷۸۰۸۳۷	۴۱۶۰۸۴۱
۹۸/۱۲/۲۳ ۹۹/۱/۲۲	۲۸	۱۱۲ ۲۹۷	۷۶۸۴۳۸۷ ۶۳۳۹۵۶۴	۴۱۵۳۴ ۳۰۲۰۴۵۲	۳۰۲۰۴۵۲
۹۹/۱/۲۲ ۹۹/۲/۲۲	۳۱	۱۱۲ ۲۹۷	۸۵۰۷۷۱۴ ۷۳۵۱۶۵۱	۴۸۷۸۵ ۳۴۴۰۴۶۷	۳۴۴۰۴۶۷
۹۹/۲/۲۲ ۹۹/۳/۱۴	۲۳	۱۴۴ ۲۹۷	۶۷۵۳۹۹۶ ۵۵۷۲۰۴۷	۲۵۷۳۴ ۲۰۴۹۷۲۹	۲۰۴۹۷۲۹
۹۹/۳/۱۴ ۹۹/۴/۱۴	۳۱	۵۶ ۲۹۷	۹۱۰۳۲۱۲ ۷۵۱۰۱۵۰	۴۰۶۰۸ ۳۴۷۷۶۴۴	۳۴۷۷۶۴۴
۹۹/۴/۱۴ ۹۹/۵/۱۶	۳۳	۰ ۲۹۷	۹۶۹۰۵۱۶ ۷۹۹۴۴۷۴	۴۳۱۸۵ ۳۴۸۷۷۰۸	۳۴۸۷۷۰۸
۹۹/۵/۱۶ ۹۹/۶/۱۰	۲۵	۱۶۱ ۲۹۷	۷۳۴۱۳۰۰ ۶۰۵۶۵۷۳	۲۸۱۰۲ ۲۱۶۱۶۷۳	۲۱۶۱۶۷۳
۹۹/۶/۱۰ ۹۹/۷/۵	۲۶	۰ ۲۹۷	۷۶۳۴۹۵۲ ۶۲۹۸۸۳۵	۳۳۰۷۲ ۲۵۹۶۸۵۶	۲۵۹۶۸۵۶
۹۹/۷/۵ ۹۹/۸/۵	۳۰	۰ ۲۹۷	۸۸۰۹۵۶۰ ۷۲۶۷۸۸۷	۴۹۰۳۰ ۳۷۷۴۷۶۰	۳۷۷۴۷۶۰
۹۹/۸/۵ ۹۹/۹/۵	۳۰	۰ ۲۹۷	۸۸۰۹۵۶۰ ۷۲۶۷۸۸۷	۵۹۸۴۴ ۴۲۶۵۴۸۲	۳۵۹۲۳۴۴
۹۹/۹/۵ ۹۹/۱۰/۱۵	۴۰	۰ ۲۹۷	۱۱۷۴۶۰۸۰ ۹۶۹۰۵۱۶	۸۳۳۹۴ ۶۴۷۱۸۸۷	۵۲۱۵۱۳۳

ستون اول و دوم تاریخ قرائت کنتور و تعداد روزها را نشان می‌دهد. در ستون سوم مقدار دیماند مصرفی و دیماند محاسبه شده که اساس اخذ بهای قدرت است نشان داده شده است. ستون چهارم نشان دهنده بهای قدرت به ازای دیماند قراردادی ۴۰۰ کیلووات و ۳۳۰ کیلووات است. محاسبه بهای قدرت از

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

طریق رابطه (۵) انجام گرفته و در این رابطه P_D بهای دیماند، K_X ضریب متغیر، D_C دیماند محاسبه شده و N_d تعداد روز می‌باشد. K_X برای دوره اول ۵۷۹.۵ ، دوره دوم تا چهارم مقدار ۷۶۲.۳۳ و بقیه دوره‌ها ۸۱۵.۷ در نظر گرفته شده است. مقدار صرفه جویی در صورت اصلاح تابلوی بانک خازنی (توضیحات در بخش (۵)) در ستون ششم مشخص شده است. جمع هزینه برق در طول این یک سال ۵۹۸۱۹۴۴۶۰ ریال بوده که در مقایسه با سال قبل حدود ۱۸٪ کاهش یافته است.

$$P_D = K_X \times D_C \times N_d \qquad (۵)$$

نرخ صورتحساب هر کیلووات ساعت برق میان باری ۳۴۰ ریال اوج باری ۶۸۰ ریال و کم‌باری با نرخ ۱۷۰ ریال بوده که علاوه بر این هزینه‌ها از بابت دیماند مصرفی هم مبلغی باید پرداخت شود.

برای مثال در دوره آخر از آنجائیکه دیماند مصرفی کمتر از ۹۰٪ دیماند قراردادی بوده لذا دیماند محاسبه شده ($90\% \times 330 = 297KW$) بوده و بهای آن در این دوره مبلغ ۹۶۹۰۵۱۶ ($815.7 \times 297 \times 40$) ریال می‌باشد. در صورت عدم کاهش دیماند قراردادی مقدار دیماند محاسبه شده ($90\% \times 400 = 360KW$) و بهای آن مبلغ ۱۱۷۴۶۰۸۰ ریال می‌شد که بدلیل کاهش دیماند قراردادی مبلغ ۲۰۵۵۵۶۴ریال در این دوره شاهد کاهش هزینه صورتحساب برق هستیم لذا در مجموع در این ۳۶۶ روز مبلغ ۱۶۶۰۴۶۳۹ ریال از صورتحساب برق کسر شده است.

۳-۵. اصلاح تابلو بانک خازنی بمنظور اصلاح ضریب توان و کاهش هزینه

کوچک بودن ضریب توان، مخارج تولید، انتقال و توزیع را در شبکه افزایش داده و این مخارج به هزینه قبض برق مصرف کننده اضافه می‌گردد. برای افزایش و اصلاح ضریب توان روش‌های جبرانسازی متفاوتی وجود دارد که روش مرسوم استفاده از بانک خازنی می‌باشد هزینه نصب خازن معمولا ظرف ۱.۵ تا ۳ سال جبران می‌شود. بمنظور اصلاح ضریب توان مجتمع دانشگاه آزاد واحد اردبیل در بدو تاسیس، سه تابلو بانک خازنی بصورت جبرانسازی انفرادی برای دانشکده‌ها در محل موتورخانه در نظر گرفته شده بود و مورد بهره‌بردای قرار می‌گرفت که بعدا این تابلوها جمع‌آوری و یک تابلو خازنی بصورت مرکزی در محل پست دانشگاه نصب گردید نصب خازن در این قسمت سبب آزاد شدن ظرفیت ترانس می‌شود ولی تاثیری در ظرفیت کابل‌ها و کاهش تلفات آن‌ها نخواهد داشت هم اکنون تابلو بانک خازنی بدلیل ایجاد بعضی مشکلات و نیز عدم کارکرد صحیح بدلیل خرابی CT و تعداد از خازنها به سیستم برق‌رسانی متصل

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

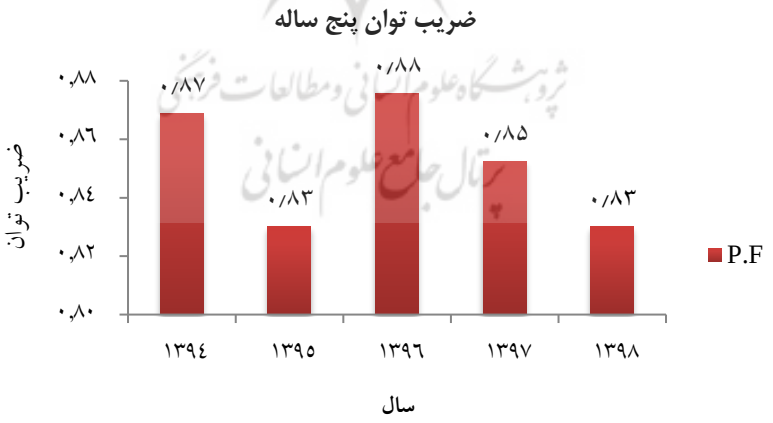
نبوده و لذا هر دوره از بابت پایین بودن ضریب توان، دانشگاه مبلغی را از بابت مصرف توان راکتیو به شرکت توزیع پرداخت می‌کند.

۱-۳-۵. محاسبه قدرت خازن

برای تعیین قدرت راکتیو مورد نیاز جهت بهبود ضریب قدرت از رابطه اساسی (۶) استفاده می‌کنیم:

$$Q_C = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2) \quad (۶)$$

با توجه با این رابطه برای تعیین مقدار خازن ما نیازمند اندازه‌گیری ضریب توان اولیه، در نظر گرفتن ضریب توان ثانویه و توان اکتیو مورد نیاز مصرف کننده هستیم. دستگاه اندازه‌گیری لاگر وسیله‌ای است که امکان اندازه‌گیری توان اکتیو، راکتیو، هارمونیک‌ها و ضریب توان را در هر دقیقه و یا زمان تنظیم شده دارد. بدلیل قیمت مناسب آن می‌توان برای اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی فوق و مشخص نمودن الگوی مصرف در هر ساختمانی از آن استفاده کرد. روش دیگر برای محاسبه ضریب توان استفاده از اطلاعات قبض برق است که در یک حالت می‌توان آنرا از روی کیلووات ساعت و کیلوار ساعت و در روش دیگر می‌توان آنرا از ضریب بدی مصرف محاسبه نمود. شکل (۴) میانگین ضریب توان دانشگاه را در پنج سال گذشته نشان می‌دهد. با توجه به این شکل حداقل میانگین ضریب توان در طی پنج سال را (۰.۸۳) بعنوان ضریب توان اولیه در نظر گرفته شده است.



شکل ۴. میانگین ضریب توان پنج ساله دانشگاه

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

ضریب توان ثانویه ۰.۹۱ در نظر گرفته شد زیرا اولا ضریب توان ۰.۹ ضریبی است که جریمه توان راکتیو به آن تعلق نمی‌گیرد. ثانیا افزایش بیشتر ضریب قدرت و نزدیکی آن به مقدار ۱ باعث ایجاد مشکلاتی در سیستم می‌شود. مثلا در مورد موتور القایی اگر مقدار ضریب توان یک شود مشخصا موتور بصورت یک مقاومت اهمی در می‌آید که دیگر خاصیت سلفی ندارد و نمی‌تواند برای تولید گشتاور و نیرو فوران کافی تولید کند و در نتیجه موتور از حرکت می‌ایستد و فقط حرارت تولید می‌کند که منجر به سوختن موتور می‌شود.

ثالثا افزایش توان راکتیو بیشتر از مقدار مورد نیاز و تزریق آن به سیستم باعث ایجاد اضافه ولتاژ و خرابی بارهای الکتریکی می‌شود. توان اکتیو در رابطه (۶) همان دیماند قراردادی (۳۳۰ کیلووات) لحاظ شد لذا قدرت راکتیو خازن با تقریب هفتاد کیلووار در نظر گرفته شد. جدول (۴) اطلاعات مربوط به تابلوی بانک خازنی موجود و طرح اصلاحی را نشان می‌دهد.

جدول ۴. اطلاعات بانک خازنی در وضعیت موجود و طرح اصلاحی

شماره پله	۱	۲	۳	۴	۵	۶
قدرت راکتیو (موجود) کیلووار	۵	۵	۱۰	۲۵	۲۰	۲۵
جریان نامی در ولتاژ ۴۰۰ ولت	۷.۲	۷.۲	۱۴.۴	۳۶.۸	۲۸.۸	۳۶.۸
جریان اندازه‌گیری شده (موجود)	۰.۵	۷.۱۸	۱۳.۸۳	۲.۶	۲۸.۰۸	۳۳.۴
سالم یا معیوب	معیوب	سالم	سالم	معیوب	سالم	سالم
قدرت راکتیو (پیشنهادی) کیلووار	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۰	-

جدول ۵. اطلاعات بانک خازنی در وضعیت موجود و طرح اصلاحی

شماره پله	۱	۲	۳	۴	۵	۶
قدرت راکتیو (موجود) کیلووار	۵	۵	۱۰	۲۵	۲۰	۲۵
جریان نامی در ولتاژ ۴۰۰ ولت	۷.۲	۷.۲	۱۴.۴	۳۶.۸	۲۸.۸	۳۶.۸
جریان اندازه‌گیری شده (موجود)	۰.۵	۷.۱۸	۱۳.۸۳	۲.۶	۲۸.۰۸	۳۳.۴
سالم یا معیوب	معیوب	سالم	سالم	معیوب	سالم	سالم
قدرت راکتیو (پیشنهادی) کیلووار	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۰	-

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

۲-۳-۵. بررسی اقتصادی طرح اصلاح تابلوی بانک خازنی

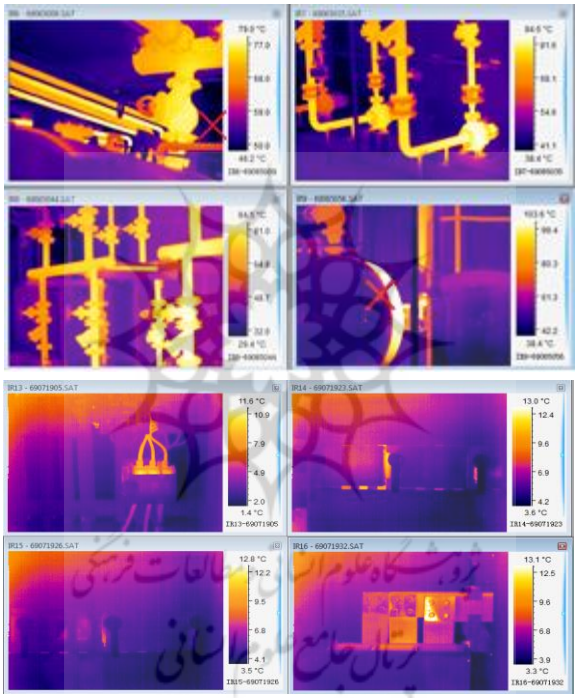
در این قسمت برای تعیین مبلغ کاهش وار در صورتحساب برق آن را با یک مثال توضیح می‌دهیم. با توجه به قبض دوره اخر سال ۹۹ (جدول ۳) میزان مصرف توان راکتیو در بازه زمانی ۴۰ روز ۸۳۳۹۴ کیلو وار ساعت به‌ازای هر کیلو وار ساعت ۷۷.۶ ریال و به مبلغ ۶۴۷۱۸۸۷ ریال است. پیش‌بینی می‌شد با بهره‌برداری و اتصال بانک خازنی به سیستم برق‌رسانی دانشگاه در این چهل روز ۶۷۲۰۰ کیلووارساعت توان راکتیو مورد نیاز بار الکتریکی دانشگاه از طریق این تابلو و بقیه از طریق شبکه توزیع تامین می‌شد. تحت این شرایط مبلغ پرداختی دانشگاه از بابت مصرف توان راکتیو به ۱۲۵۶۶۵۵ ریال کاهش پیدا می‌کرد و مبلغ ۵۲۱۵۲۳۳ ریال در این دوره صرفه‌جویی می‌شد. لذا با توجه به مثال فوق در طی این یک سال در مجموع می‌توانستیم شاهد کاهش مبلغ ۳۹۹۰۰۰۰۶ ریال از بابت مصرف توان راکتیو باشیم که مبلغ قابل توجهی است.

٦. تصویربرداری حرارتی از تاسیسات الکتریکی و مکانیکی

یکی از روش‌های تعمیرات و پیش‌بینی عیوب تجهیزات شبکه‌های تولید، انتقال و توزیع نیروی برق، استفاده از تصویربرداری حرارتی (ترموویژن) می‌باشد. در این روش بر اساس تصاویر حرارتی تهیه شده توسط دوربین‌های ترموویژن از تجهیزات مختلف و تجزیه و تحلیل آن‌ها توسط نرم‌افزارهای پیشرفته می‌توان عیوب و نقاط ضعف تجهیزات مختلف را قبل از آنکه به عیوب عمده تبدیل گردیده و منجر به خسارات مهم مالی و احیانًا انسانی شده و ادامه فعالیت را با وقفه مواجه نماید، آشکار و از بروز آن‌ها جلوگیری کرد. در تأسیسات الکتریکی ساختمان‌ها نیز با عبور جریان از هادی‌ها و اتصالات الکتریکی، حرارت تولید می‌شود اگر جریان عبوری از سطح مقطع سیم بیشتر از حد مجاز آن باشد گرمای بیشتری تولید می‌شود. همچنین اگر محل اتصالات سست و یا کثیف باشد و پیچ‌ها به خوبی محکم نشود گرمای بیشتری در آن نقطه تولید می‌شود. اما مسئله اینجاست که این گرما ممکن است به حدی برسد که باعث خسارت‌های جبران ناپذیری شود و آتش‌سوزی به‌وجود بیاورد. بازرسی ترموگرافی موقعیت‌های بالقوه خطر را آشکار می‌کند. تشخیص و انجام عکس‌العمل مناسب برای این موقعیت‌ها کمک بسیار زیادی در جلوگیری از وقوع تلفات دارد. ترموگرافی می‌تواند بازدیدهای چشمی و بازرسی‌های دستی خسته‌کننده را بسیار کاهش داده و بخصوص در مورد آشکارسازی شرایط پیری طولانی مدت بسیار کارآمد باشد. با توجه به الزامات ذکر شده تصویربرداری حرارتی از تاسیسات مکانیکی، تاسیسات الکتریکی دانشکده فنی و

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

پست دانشگاه بعمل آمد. نتایج ترموگرافی وجود رسوب در یکی از دیگ‌های دانشکده فنی را نشان می‌دهد. رسوب گرفتن دیگ معمولا بدلیل سختی آب و انباشته شدن مواد معدنی موجود در آن است. همچنین در داخل یکی از تابلوهای الکتریکی بدلیل دفرمه بودن محل اتصال شاهد افزایش دما هستیم که نیاز به اصلاح و آچار کشی دارد. در شکل (۵) تعدادی از تصاویر ترموگرافی نشان داده شده است جایی که با علامت ضربدر مشخص شده نشان‌دهنده افزایش غیر متعارف دما می‌باشد.



شکل ۵. تصاویر حرارتی از تاسیسات الکتریکی و مکانیکی

۷. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مطالعات و بررسی‌های نشان می‌دهد شاخص مصرف سالانه انرژی دانشگاه در سال نود و هشت ۳۹۵ کیلووات ساعت بر متر مربع بوده که نشان دهنده وضعیت نامناسب مصرف انرژی در این دانشگاه بوده و اجرای سریع برنامه‌های بهینه‌سازی را می‌طلبد. سهم مصرف گاز طبیعی در سال ۹۸ از کل مصرف

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021

انرژی ۹۱٪ بوده و ضروری است برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی بیشتر در این بخش متمرکز شود. از آنجائیکه با استفاده از آبگرمکن خورشیدی و هوشمندسازی موتورخانه، امکان کاهش مصرف سوخت بترتیب به مقدار ۲۰٪ و ۴۰٪ وجود دارد لذا پیشنهاد می‌شود برای کاهش شاخص مصرف انرژی به میزان حداقل ۵۰٪ و بهبود وضعیت مصرف انرژی در این دانشگاه طرح‌های مزبور در اولویت قرار داده شود. در ادامه نتایج و خلاصه کارهای انجام شده لیست شده است:

- کاهش دیماند قراردادی دانشگاه از ۴۰۰ کیلووات به ۳۳۰ کیلووات و بازگشت سرمایه‌ای به مبلغ سیزده میلیون ششصد هزار ریال به حساب دانشگاه.
- کاهش ۲.۷٪ مبلغ صورتحساب برق در سال ۹۹ از بابت کاهش دیماند قراردادی.
- پیشنهاد کاهش یک تا سه لامپ در هر چراغ بدلیل بالا بودن شدت روشنایی و امکان صرفه جویی به میزان ۲۰ تا ۶۰ درصد در مصرف انرژی سیستم روشنایی.
- امکان کاهش ۵.۷٪ مبلغ صورتحساب برق در سال ۹۹ در صورت نصب و بهره‌برداری ازطرح اصلاح تابلو بانک خازنی.

منابع

Chakraborty. A. et al. (2018), "Investigation of Energy Consumption and Reservation Scheme using Energy Auditing Techniques", International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT), Tirunelveli, India. pp. 34-38.

Gielen.D. et al. (2019), "The role of renewable energy in the global energy transformation", Energy Strategy Reviews. Vol. 24. pp. 38-50.

Goyal. P. et al. (2014), "Energy audit: A case study of energy centre and Hostel of MANIT, Bhopal", International Conference on Green Computing, Communication and Conservation of Energy (ICGCE), Chennai.in, D.B., Eley, C. A classification of building energy performance indices. Energy Efficiency 7, 353 –375.

Hamer. P.S. et al. (1997), "Energy efficient induction motors performance characteristics and life cycle cost comparisons for centrifugal loads", IEEE Transactions on Industry Applications. Vol. 33. No. 5. pp. 1312 –1320.

Hasanuzzaman. M. et al. (2017), "Global electricity demand, generation, grid system, and renewable energy polices: a review", WIREs Energy and Environment. 6 (3).

Ihara. T. and et al. (2015), "Effect of facade components on energy efficiency in office buildings", Applied Energy. Vol. 158 pp. 422–432.

Lee. W. and Kenarangui. R. (2002), "Energy management for motors, systems, and electrical equipment", IEEE Transactions on IndustryApplications. Vol. 38. No. 2. pp. 602-607.

Mortimer. N.D. and et al. (1998), "Carbon dioxide savings in the commercial building sector", Energy Policy. Vol. 26 (8). pp. 615–624.
Pérez-Lombard. L. et al. (2008), "A review on buildings energy consumption information", Energy and Buildings. Vol. 40 (3) . pp. 394–398.
Sharma. R. and Jain. R. K. (2015), "Energy audit of residential buildings to gain energy efficiency credits for LEED certification", International Conference on Energy Systems and Applications, Pune. pp. 718-722.
Singh. H. et al. (2012), "Electrical energy audit in a Malaysian university - a case study", IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), Kota Kinabalu. pp. 616-619.
Singh. M. et al. (2012), "Energy Audit: A case study to reduce lighting cost", Asian Journal of Computer Science and Information Technology.Vol. 2 (5). pp. 119–122.
Wilkinson. J. R. et al. (1991), "Comprehensive performance audit of a utility", IEEE Transactions on Energy Conversion. Vol. 6. No. 2. pp. 243-250.
Yichuan X. Ma. and Cong. Yu. (2020), "Impact of Meteorological Factors on High-rise Office Building Energy Consumption in Hong Kong: From a Spatiotemporal Perspective", Energy and Buildings. Vol. 228. 110468.
Zhang, Y. et al. (2015), "China's energy consumption in the building sector: A life cycle approach", Energy and Buildings,Vol. 94. pp. 240–251.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Downloaded from necjournals.ir at 14:32 +0430 on Sunday September 5th 2021