دستورالعمل ممیزی انرژی در ساختمان

نویسنده : پرتال جامع انرژی

چکیده

در دستورالعمل ممیزی انرژی در ساختمان ضمن تشریح مراحل انجام ممیزی انرژی در ساختمان، وضعیت انرژی ساختمان با توجه به انرژی مصرفی مندرج در قبض های پرداختی مشخص می شود. براین اساس با استفاده از اطلاعات مندرج در قبض های انرژی ساختمان و همچنین داده های سالیانه هواشناسی، ضریب انتقال حرارت عملکردی دیوار های خارجی ساختمان مشخص می گردد.

سپس با مقایسه وضعیت ساختمان با شرایط استاندارد (مطابق ضرایب ارائه شده در مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان و یا استانداردهای جهانی نظیر کد بین المللی IECC) مصرف انرژی ساختمان و انحراف آن از شرایط استاندارد تعیین می گردد.

در این قسمت مراحل چهارگانه ممیزی انرژی ساختمان جهت تعیین وضعیت ساختمان نسبت به شرایط استاندارد شرح داده شده است و همچنین معرفی روش تعیین ضریب بار ساختمان به منظور مشخص کردن وضعیت عملکرد دیوارهای خارجی ساختمان معرفی گردیده است و ممیزان می توانند با استفاده از روش مذکور عملکرد انرژی دیوارهای خارجی ساختمان را برآورد نمایند.

استفاده روز افزون و بی رویه انسان از انرژی، آلودگی های زیست محیطی و کاهش سطح انرژی های موجود در جهان همه عواملی هستند که سبب شدند تا بشر به سمت بهینه سازی مصرف انرژی و اصلاح الگوی مصرف متمایل گردد.

کلمات کلیدی: انرژی، انرژی آب، هیدرو انرژی، انرژی تجدیدپذیر، انرژی پاک، تولید توان آبی، توان برق آبی

۱- تقسیم بندی فرآیند انجام ممیزی انرژی در ساختمان

فرآیند انجام ممیزی انرژی در ساختمان به چهار مرحله تقسیم بندی می شود که عبارتند از:

مرحله اول: بازدید، اندازه گیری و ثبت اطلاعات اولیه ساختمان و تکمیل فرم های ممیزی انرژی

مرحله دوم: محاسبه ضریب بار ساختمان با توجه به قبض های انرژی مصرفی

مرحله سوم: مدلسازی و تعیین بار ساختمان با توجه به الزامات مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان

مرحله چهارم: تعیین فرصت های صرفه جویی انرژی و ارزیابی اقتصادی راهکارهای صرفه جویی انرژی

۱-۱. مرحله اول : بازدید، اندازه گیری و ثبت اطلاعات اولیه ساختمان و تکمیل فرم های ممیزی انرژی

a) بازدید و تکمیل فرم های ممیزی انرژی

گام اول در ممیزی انرژی ساختمان، تعیین دقیق وضعیت موجود به منظور بررسی عملکرد ساختمان می باشد. بر این اساس لازم است فرم ها و جداول استانداردی به منظور ثبت و یا برداشت اطلاعات ساختمان تهیه گردد. با این روش علاوه بر اینکه یک رویه مشخص و زبان مشترک در میان متخصصین انرژی ایجاد می گردد بلکه براساس این فرم ها، حداقل اطلاعاتی که باید توسط ممیزان در هنگام بازدید از ساختمان جمع آوری گردد، مشخص می شود. در واقع ممیز با در دست داشتن چنین فرمی به صورت هدفمند در ساختمان حرکت می کند و با برنامه مشخص و از پیش تعیین شده تمامی اطلاعات مفید و اثرگذار را در این فرم ثبت می کند. تکمیل فرم های ممیزی انرژی و ثبت اطلاعات اولیه در بخش های زیر ضروری است.

- اطلاعات عمومی ساختمان
- اطلاعات ساکنین و مالکین
- وضعیت بکارگیری فضاهای مختلف و میزان تراکم ساکنین
- سیستم سرمایش و گرمایش
- تهیه نقشه های معماری و تاسیسات ساختمان
- کانال کشی و لوله کشی
- مشخصات دیوار ها، درب ها، پنجره ها، سقف و کف
- آب گرم مصرفی
- ثبت اطلاعات انرژی مصرفی در سه سال گذشته
- سیستم روشنایی
- تمایل مالک برای سرمایه گذاری
- اطلاعات اقلیمی ساختمان

b) اندازه گیری و ثبت اطلاعات اولیه ساختمان

ممیز در هنگام بازدید از ساختمان علاوه بر جمع آوری اطلاعات ساختمان و تکمیل فرم های ممیزی انرژی، لازم است میزان انرژی مصرفی ساختمان را نیز تعیین نماید تا بتواند وضعیت ساختمان را با شرایط استاندارد مقایسه و پتاسیل صرفه جویی را تعیین کند. براین اساس اندازه گیری های زیر در ممیزی ساختمان لازم می باشد:

- ❖ تعیین راندمان بویلر و درصد هوای اضافی احتراق با استفاده از آنالیزگر گازهای احتراقی
- ❖ تعیین میزان هوای نفوذی به ساختمان با استفاده از حسگر دی اکسیدکربن
- ❖ اندازه گیری دما و رطوبت داخل ساختمان با دستگاه دماسنج و رطوبت سنج
- ❖ تعیین وضعیت عایق کاری جداره ها با کمک عکس برداری مادون قرمز
- ❖ اندازه گیری سرعت هوای خروجی از دریچه های کانال با استفاده از سرعت سنج
- ❖ تعیین وضعیت روشنایی داخل ساختمان با دستگاه لوکس سنج
- ❖ ثبت اطلاعات شمارشگر انرژی ساختمان (برق، گاز و آب) در بازه های زمانی مشخص
- ❖ ثبت اطلاعات محیطی (دما، رطوبت، سرعت باد، تابش خورشید) در بازه های زمانی مشخص

۲- مرحله دوم: محاسبه ضریب بار ساختمان با توجه به قبض های انرژی مصرفی

بطور طبیعی گرما از محیط گرم تر به محیط سردتر جریان می یابد. در زمستان گرما از فضای گرم درون ساختمان به سمت فضاهای سرد و مناطقی که مورد استفاده قرار نمی گیرند نظیر شیروانی، گاراژ، زیرزمین و محیط بیرون از خانه جریان می یابد. در فصل سرمایش و تابستان، گرما از محیط بیرون به درون ساختمان هدایت می شود. بنابراین اتلاف حرارتی ساختمان با اختلاف دمای هوای بیرون و درون متناسب است. برای دیوارها و پنجره ها توان اتلافی مطابق با رابطه فوریه محاسبه می شود.

$$Q = UA\Delta T \qquad (1)$$

که در آن U ضریب انتقال حرارت جداره و A مساحت جداره می باشد. بنابراین توان اتلافی متناسب با حاصلضرب (UA) در اختلاف دما می باشد و به عبارت دیگر ضریب تناسب (UA) است. این معادله برای کف روی زمین، برابر با حاصلضرب ضریب تناسب (F) در محیط کف ساختمان (P) می باشد. برای تهویه طبیعی هوا و تهویه مطبوع توان اتلافی برابر با دبی جرمی هوا در گرمای ویژه هوای ورودی می باشد. چرا که توان مورد نیاز برای گرمایش جریانی با دبی هوای $\dot{m}$ و ظرفیت گرمایی ویژه C_p برابر با $\dot{m} c_p \Delta T$ خواهد بود. ضریب بار ساختمان (BLC) ، مجموع پارامترهای مذکور می باشد که در رابطه۴ نشان داده شده است.

انرژی مورد نیاز برای گرمایش ساختمان مجموع اتلاف حرارت از جداره های خارجی ساختمان و انرژی مورد نیاز جهت گرمایش هوای نفوذی می باشد که در رابطه۲ بیان شده است.

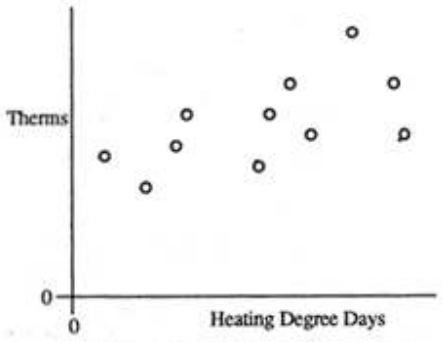
$$Q = UA\Delta T + FP\Delta T + \dot{m}C_p\Delta T \quad (2)$$

$$Q = BLC\Delta T \quad (3)$$

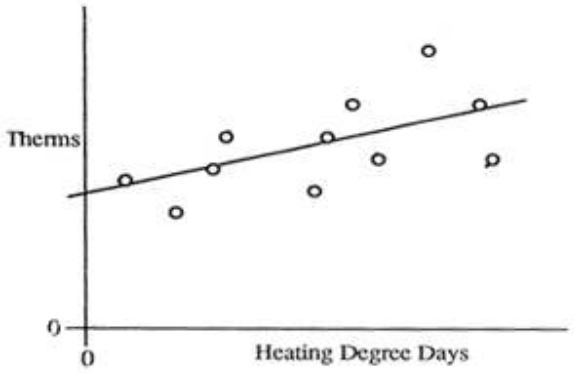
$$BLC = \sum UA + \sum FP + \dot{m}C_p \quad (4)$$

مطابق با رابطه بالا انرژی مصرفی در ساختمان متناسب با اختلاف دما می باشد اما وجود اینرسی حرارتی باعث ایجاد تاخیر زمانی می شود به این معنی که ذخیره انرژی در دیوار ها باعث می شود تا ساختمان در برابر تغییرات هوای خارج از خود مقاومت نشان دهد و انتقال حرارت با تاخیر زمانی انجام شود و لزوماً در سردترین وقت شبانه روز، ساختمان بیشترین مصرف انرژی را نداشته باشد.

بنابراین با توجه به روابط فوق چنانچه مصرف گاز بر حسب روز درجات گرمایش ترسیم گردد نموداری مشابه تصویر۱ حاصل خواهد شد. در این نمودار محور عرضی نشان دهنده میزان گاز مصرفی)انرژی مصرفی(و محور طول ها نشان دهنده روزدرجات گرمایش اختلاف دما نسبت به 18 درجه سانتی گراد می باشد. با مشخص بودن میزان گاز مصرفی ساختمان و اختلاف دمای هوا برای هر دوره قبض گاز مصرفی، نموداری مانند تصویر۱ قابل ترسیم است. اگر مطابق تصویر۲ بهترین رگرسیون خطی برای نقاط مذکور ترسیم گردد، در این صورت شیب خط ترسیم شده نشان دهنده ضریب بار ساختمان می باشد که وابستگی بار ساختمان را به تغییرات هوای خارج نشان می دهد. همچنین تقاطع خط ترسیم شده با محور عمودی بیانگر مصرف پایه ساختمان)که مستقل از تغیرات هوای خارجی است(می باشد. مصرف پایه ساختمان شامل آب گرم مصرفی، پخت و پز و ... می باشد. هرچه ساختمان دارای اینرسی حرارتی بالاتری باشد با بهبود ضریب انتقال حرارت دیوار ها در هر مترمربع ساختمان صرفه جویی کمتری در مقایسه با یک ساختمان با اینرسی کمتر حاصل خواهد شد. در ساختمان های با مقاومت حرارتی یکسان، اینرسی حرارتی کمتر سبب می شود تا تغییرات درجه حرارت بیرون در زمان کوتاهتری بداخل ساختمان منتقل گردد، در نتیجه ارتباط انرژی مصرفی ساختمان با هوای بیرون بیشتر بوده و شیب خط رگرسیون بیشتر می باشد.



تصویر ۱: مصرف گاز بر اساس روزدرجات گرمایش



تصویر ۲: خط رگرسیون ترسیم شده از نقاط مصرف

از ترسیم خط رگرسیون نتایج زیر مشخص می شود که در تصویر۳ نشان داده شده است.

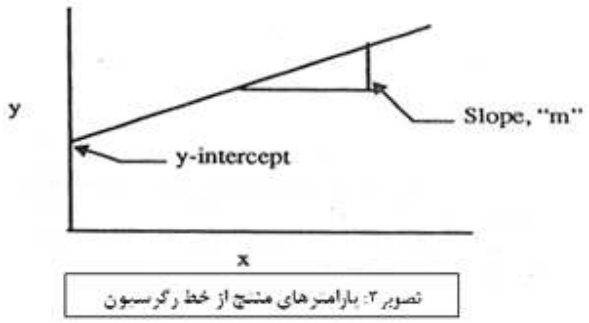
1 ـ مصرف پایه ماهیانه

2ـ ارتباط بین اختلاف دمای هوا و مصرف انرژی که همان BLC می باشد.

بنابراین شیب خط ترسیم شده برابر با ضریب بار ساختمان (BLC) و تقاطع خط با نمودار مصرف، نشان دهنده مصرف پایه ساختمان می باشد. مصرف سوخت برای هر ماه از طریق ضرب BLC در روز درجات گرمایش بدست می آید.

مصرف پایه+(روز درجات گرمایش= BLC*(مصرف سوخت ماهانه بطور کلی تعیین مقدار BLC برای تحلیل انرژی یک ساختمان علاوه بر مشخص کردن مصرف پایه ساختمان با توجه به دلایل زیر برای ممیزان انرژی مورد نیاز می باشد.

- اغلب، اطلاعات لازم برای تحلیل پوسته ساختمان در دسترس نمی باشد.
- اگر اطلاعات پوسته در دسترس بوده و ضریب بار ساختمان از طریق محاسبه اجزاء تشکیل دهنده قابل محاسبه باشد، ضریب بدست آمده از خط رگرسیون معیاری برای بررسی صحت مقادیر حساب شده خواهد بود.
- رگرسیون خطی به ما نشان می دهد که چه ارتباطی بین روز درجات گرمایش -سرمایش و مصرف انرژی وجود دارد و برای ما مشخص می کند که اینرسی حرارتی ساختمان چقدر است.



تصویر ۳: پارامترهای منتج از خط رگرسیون

ضریب بار ساختمان از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$BLC = \frac{n\sum D_i E_i - \sum D_i \sum E_i}{\sum D_i^2 - (\sum D_i^2)^2} \quad (5)$$

در رابطه فوق BLC ، n ، Di ، Ei به ترتیب ضریب بار ساختمان، تعداد نقاط نمودار مصرف سوخت بر حسب روز درجه گرمایش، روز درجات گرمایش یک دوره معین و انرژی مصرفی برای یک دوره معین می باشد. میزان مصرف پایه ساختمان (C) مطابق رابطه (6) حساب می گردد.

$$C = \frac{\sum E_i}{n} - BLC \quad \frac{\sum D_i}{n} \quad (6)$$

برای تعیین میزان دقت محاسبات حاصل از خط رگرسیون ضریبR از رابطه (7) استفاده می شود.

$$R = BLC \sqrt{\frac{\sum D_i^2 - \frac{\sum D_i}{n}}{\sum E_i^2 - \frac{\sum E_i}{n}}} \quad (7)$$

این ضریب بیان کننده ارتباط خطی بین متغیر مستقل و وابسته می باشد به عبارت دیگر R برابر با یک بیانگر ارتباط خطی کامل این دو پارامتر است و معادله خط از کل نقاط مذکور می گذرد و R برابر با صفر نشان دهنده عدم ارتباط بین این دو پارامتر می باشد.

مجذور ضریب همبستگی R2 تخمینی از وابستگی مصرف سوخت به روز درجات گرمایش است. در یک قانون کلی R2 مساوی یا بزرگتر از 8/0 مشخص کننده یک ساختمان با اینرسی حرارتی کم و کمتر از 8/0 به عنوان ساختمانی با اینرسی حرارتی زیاد در نظر گرفته می شود.

۳- مرحله سوم: مدلسازی و تعیین بار ساختمان با توجه به الزامات مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان

همانطور که گفته شد بار ساختمان از دو بخش انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان و بار هوای نفوذی و تهویه تشکیل شده است، در این صورت چنانچه ضریب انتقال حرارت پوسته خارجی ساختمان با BLC1 و ضریب بار هوای نفوذی و تهویه با BLC2 نشان داده شود، با در نظر گرفتن الزامات مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان مقدار BLC1 از رابطه زیر بدست می آید.

$$C_1 = A_w \cdot U_w + A_R \cdot U_R + A_F \cdot U_F + P \cdot U_P - A_G \cdot U_G \cdot R_G + A_D \cdot U_D + A_{WB} \cdot U_{WB} \quad (8)$$

در رابطه فوق AW ، UW ، AR ، UR ، AF ، UF ، P ، UP ، AG ، UG ، RG ، AD ، UD ، AWB ، UWB بترتیب مساحت دیوارهای در تماس با فضای خارجی، ضریب انتقال حرارت مرجع دیوارهای در تماس با فضاهای خارجی، مساحت مربوط به بام تخت یا شیبدار، ضریب انتقال حرارت مرجع بام تخت یا شیبدار، مساحت مربوط به کف زیرین در تماس با خاک، ضریب انتقال حرارت مرجع کف زیرین در تماس با خاک، پیرامون مربوط به کف زیرین در

تماس با خاک، ضریب انتقال حرارت خطی مرجع مربوط به جداره های نورگذر با قاب های آن ها، مساحت مربوط به جداره های نورگذر با قاب های آن ها)قاب شیشه(، ضریب انتقال حرارت مرجع مربوط به جداره های نورگذر به سطوح جداره های نورگذر با قاب های آن ها، نسبت متوسط سطوح جداره های نورگذر)بدون در نظر گرفتن سطوح قاب های آنان(به سطوح جداره های نورگذر با قاب های آن ها، مساحت مربوط به درهای خارجی، ضریب انتقال حرارت مرجع درهای خارجی، مساحت کلیه سطوح در تماس با فضای کنترل شده و ضریب انتقال حرارت مرجع کلیه سطوح در تماس با فضای کنترل نشده می باشد. ضریب انتقال حرارت ساختمان ناشی از بار هوای تهویه (BLC2) از رابطه (9) بدست می آید.

$$BLC_2 = \rho Q C_p \qquad (9)$$

در این رابطه Q ، p و Cp بترتیب چگالی، دبی و ظرفیت حرارتی هوای نفوذی می باشند. ضریب انتقال حرارت کلی ساختمان مجموع ضریب انتقال حرارت پوسته خارجی (BLC1) و ضریب انتقال حرارت هوای نفوذی و تهویه (BLC2) می باشد.

هدف نهایی از انجام محاسبات، تعیین وضعیت ساختمان با توجه به ساختمان استاندارد می باشد در صورتی که رابطه (10) برای ضریب بار ساختمان محاسبه شده براساس قبض های گاز مصرفی صحیح باشد، ساختمان الزامات مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان را رعایت کرده است، در غیر اینصورت مصرف انرژی ساختمان بیشتر از شرایط استاندارد بوده و لازم است نسبت به رفع مشکلات موجود در جداره های خارجی ساختمان اقدام شود و محاسبات مذکور برای شرایط پیشنهادی مجدداً انجام گردد. در این رابطه n راندمان مشعل می باشد و BLC ضریب بار عملکردی ساختمان می باشد که از رابطه (5) با توجه به گاز مصرفی ساختمان تعیین می شود.

$$(BLC) \le (BLC_1 + BLC_2)/\eta \qquad (10)$$

۴- مرحله چهارم: تعیین فرصت های صرفه جویی انرژی و ارزیابی اقتصادی راهکارهای صرفه جویی انرژی

پس از مشخص شدن وضعیت انرژی مصرفی ساختمان نسبت به شرایط استاندارد، در مرحله چهارم و پایانی ممیزی انرژی ساختمان، فرصت های صرفه جویی انرژی تعیین و از نظر اقتصادی، ارزیابی می شوند.

به منظور بررسی هر یک از راهکارهای صرفه جویی انرژی و تعیین میزان کاهش مصرف انرژی حاصل از اجرای هر یک از فرصت های صرفه جویی انرژی می بایست ساختمان با یک نرم افزار نظیر نرم افزار کریر مدل شود تا کاهش بار ساختمان با اجرای تغییرات موردنظر در ساختمان به راحتی تعیین گردد.

در این مرحله از ممیزی که مهم ترین بخش آن است و نیاز به تجربه بیشتری دارد ممیز باید راهکارهای مناسب برای ساختمان را پیشنهاد و میزان کاهش احتمالی مصرف انرژی را با اجرای راهکارهای اقتصادی برآورد کند. البته باید

ممیزان انرژی در هنگام تجزیه و تحلیل های انرژی از جدیدترین فناوری های بهبود بازدهی انرژی ساختمان آگاهی داشته باشند. این مرحله بطور کلی به بخش های زیر تقسیم می شود.

۱- مدلسازی فرصت های صرفه جویی انرژی منتخب

۲- - محاسبه میزان کاهش مصرف انرژی با اجرای فرصت های صرفه جویی انرژی

۳- - برآورد هزینه های اجرایی فرصت های صرفه جویی انرژی

۴- - محاسبه دوره بازگشت سرمایه فرصت های صرفه جویی انتخاب شده

پس از تعیین فرصت های صرفه جویی مناسب، باید این فرصت ها در نرم افزار مدل سازی شده و میزان کاهش انرژی مصرفی با اعمال هر یک از فرصت های صرفه جویی انرژی مشخص گردد و در ادامه هزینه اجرای هر یک از فرصت های صرفه جویی انرژی برآورد شود و دوره بازگشت سرمایه با توجه میزان کاهش انرژی مصرفی و هزینه اولیه سرمایه گذاری محاسبه گردد. در نهایت ممیز باید براساس میزان سرمایه گذاری و دوره بازگشت سرمایه اولیه، راهکارهای صرفه جویی انرژی را براساس اقدامات کم هزینه و پرهزینه دسته بندی نماید.

یک گزارش ممیزی انرژی نتیجه نهایی پروژه ممیزی انرژی بوده و حاصل فعالیت ها و اقدامات ممیز است، بنابراین این گزارش باید به خوبی منعکس کنند کلیه فعالیت های وی باشد و کارفرمای پروژه با مطالعهٔ گزارش در جریان کامل مراحل اجرایی پروژه قرار گیرد. همچنین گزارش باید کاملاً ساده و روان ارائه گردد، ضمن آنکه نکات فنی در هر یک از طرح ها و اقدامات انجام گرفته در خصوص فرصت های صرفه جویی انرژی، بطور کامل شرح داده شده باشد.

energyenergy.ir