ممیزی و بازرسی انرژی

سازمان نظام مهندسی کشور

Mechanical Engineering

قوانین مدیریت انرژی در ساختمان

- مطابق با ماده ۳۳ قانون نظام مهندسی کشور مسئولیت نظارت عالیه بر اجرای ضوابط و مقررات ملی ساختمان در طراحی و اجرای تمامی ساختمانها بر عهده وزارت مسکن و شهرسازی است.
- وزارت مسکن و شهرسازی بر مبنای این ماده اقدام به انتشار مقررات ملی در بیست و دو مبحث نموده است که مبحث ۱۹ آن مربوط به صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان می باشد.
- بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان رعایت موارد زیر در ساختمان الزامی است:
  - عایق کاری دیوارهای خارجی ساختمان
  - نصب پنجره های دوجداره با قاب های فلزی ترمال بریک، چوبی و یا PVC استاندارد
  - عایق کاری کانال های هوا، لوله های تاسیسات و سیستم تولید آبگرم
  - نصب سیستم های کنترل موضعی نظیر شیرهای ترموستاتیک بر روی رادیاتورها
- بر اساس ضوابط مندرج در مبحث ۱۹ حداقل مدارک مورد نیاز جهت اخذ پروانه ساختمان به شرح زیر می باشد:
  - گواهی صلاحیت مهندس یا شرکت طراح
  - چک لیست انرژی
  - چک لیست کنترل پوسته خارجی ساختمان
  - نقشه های ساختمان
  - مشخصات فیزیکی مصالح و سیستم های عایق حرارتی مورد استفاده در ساخت اجزای پوسته خارجی ساختمان
  - مشخصات فنی سیستمهای تاسیسات گرمایی، سرمایی، تهویه، تهویه مطبوع، تامین آبگرم مصرفی و روشنایی در ساختمانها
- فواید اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان
  - کمک به اقتصاد خانواده
  - افزایش رفاه نسبی در نتیجهٔ مصرف صحیح انرژی
  - کمک به اقتصاد ملی
  - کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش آلودگی های ناشی از آن
  - امکان برقراری دمای ثابت در محل
  - تنظیم دمای دلخواه در اتاق به منظور تامین شرایط آسایش
  - کاهش ظرفیت اولیه سیستم های گرمایش و سرمایش تا ۴۰٪
  - کاهش استهلاک سیستم گرمایش و سرمایش
  - توزیع متعادل حرارت و امکان برقراری دماهای متفاوت در هر اتاق
  - حداقل ۵۰٪ کاهش مصرف سوخت و هزینه های مربوطه
  - بهره مندی از نور مناسب و کاهش مصرف انرژی الکتریکی
  - کاهش آلودگی های محیط زیستی به سبب کاهش آلودگی های نیروگاهی

برچسب انرژی در ساختمان

برچسب انرژی صفحه ای حاوی اطلاعات مربوط به مصرف انرژی و یا نسبت انرژی ساختمان می باشد. هدف از الصاق برچسب های انرژی، افزایش سطح آگاهی افراد نسبت به میزان مصرف انرژی ساختمان می باشد. در برچسب انرژی، رده های انرژی مصرفی از A تا G درجه بندی شده است. به طوری که رده A نشان دهنده بیشترین بازدهی و رده G نشان دهنده کمترین بازدهی است.

کاربرد و فواید برچسب انرژی ساختمان

۱. توجه عمومی به مصرف انرژی در ساختمان
۲. کاهش آلودگی محیط زیست از طریق کاهش مصرف انرژی
۳. آگاهی استفاده کنندگان، سازندگان و خریداران ساختمان ها نسبت به میزان مصرف انرژی ساختمان ها
۴. تبدیل بازدهی انرژی ساختمان ها به یکی از معیارها برای ارزیابی، ساخت، خرید و فروش ساختمان
۵. حفظ ذخایر کشور

تقسیم بندی ساختمان بر اساس نوع کاربری

- با توجه به نوع کاربری اعم از اداری و مسکونی دو استاندارد ۱۴۲۵۳ و ۱۴۲۵۴ تدوین گردیده است که استاندارد اول مربوط به ساختمان های مسکونی و استاندارد دوم مربوط به ساختمان های غیرمسکونی می باشد.
- استاندارد ۱۴۲۵۳ - ساختمان های مسکونی به دو دسته ساختمان های کوچک با مساحت زیربنای مفید کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع و ساختمان های بزرگ با مساحت زیربنای مفید بیشتر از ۱۰۰۰ مترمربع تقسیم شده اند.
- استاندارد ۱۴۲۵۴ - ساختمان های غیرمسکونی به دو دسته ساختمان های اداری دولتی و ساختمان های اداری خصوصی تقسیم شده اند.

ممیزی انرژی در ساختمان

- ممیزی انرژی در ساختمان شامل یک معاینه دقیق به منظور تعیین:
  ۱. چگونگی مصرف انرژی واحد
  ۲. برآورد میزان هزینه های اولیه ⟸ جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان می باشد.
  ۳. ارائه یک برنامه پیشنهادی
- می تواند به عنوان روش اندازه گیری و ثبت مصرف انرژی واقعی در یک مجموعه ساختمانی و اساساً به جهت هدف کاهش و کمینه کردن مصرف انرژی (بیان شده در واحد مصرف انرژی و نه ارزشهای مالی) شناسایی شود.
- حیطه هایی را که انرژی بطور موثر استفاده می شود و یا به هدر می رود را شناسایی می کند. همچنین حیطه هایی که بیشترین پتانسیل برای صرفه جویی انرژی را دارا هستند و برای استقرار الگوی مصرف مناسب می باشند را شناسایی می کند.
- به عبارت دیگر، درک چگونگی مصرف انرژی در ساختمان و چگونگی ارتباط اجزاء سیستم با یکدیگر و نحوه اثرگذاری محیط خارجی بر ساختمان از لحاظ انتقال انرژی می باشد.
- رویکردهای مختلفی به ممیزی انرژی ساختمان وجود دارد ولی مراحل زیر تقریباً در همه رویکردها مشترک است:
  - مرحله اول: ممیزی داده های تاریخی
  - مرحله دوم: ارزیابی کلی
  - مرحله سوم: تجزیه و تحلیل و مطالعه تفصیلی
- یک ممیزی انرژی کامل به غیر از هدف صرفه جویی انرژی می تواند به عنوان یک ابزار کمکی در موارد زیر بکار گرفته شود:
  - ✓ ایجاد یک بانک اطلاعات و سوابق مصرف انرژی
  - ✓ پیش بینی هزینه های انرژی
  - ✓ بیان الگوهای مصرف و نسبتهای کارایی استقرار بازنگری های عملی و اجرایی
- برای آشنایی بیشتر با مفهوم ممیزی انرژی، ارائه تعاریف و واژگانی در این زمینه ضروری به نظر می رسد. اولین تعریف ممیزی انرژی مربوط به ANSI است. طبق این تعاریف، ممیزی مطالعه ای روشنمند یا یک ارزیابی جهت جمع آوری اطلاعات میباشد.

تعاریف و واژگان ممیزی انرژی

سازمان جهانی استاندارد تعاریف خود را در قالب استاندارد ISO19011 ارائه کرده است که شامل موارد زیر می باشد:

۱. **ممیزی** Aduit:

ممیزی عبارت از یک فرآیند نظام مند، مستقل و مکتوب برای گردآوری شواهد ممیزی و ارزیابی عینی آن به منظور تعیین میزان برآورده شدن معیارهای ممیزی می باشد.

۲. **برنامه ممیزی** Aduit Program:

برنامه ممیزی عبارت از مجموعه ای از یک یا چند ممیزی برنامه ریزی شده در یک چارچوب زمانی مشخص و با هدف دستیابی به هدف خاص است.

۳. **معیارهای ممیزی** Aduit Criteria:

عبارت از مجموعه ای از خط مشی ها، روش های اجرایی یا الزاماتی که به عنوان ماخذ مورد استفاده قرار می گیرند می باشد.

۴. **شواهد ممیزی** Audit Evidence:

شواهد ممیزی عبارتند از سوابق، اظهارات و گزارشات مربوط به واقعیات عینی یا سایر اطلاعات مرتبط با معیارهای ممیزی و قابل رسیدگی. شواهد ممیزی ممکن است کمی یا کیفی باشند.

۵. **یافته های ممیزی** Aduit Findings:

یافته های ممیزی عبارتند از نتایج حاصله از ارزیابی شواهد جمع آوری شده، نسبت به معیارهای ممیزی. یافته های ممیزی ممکن است حاکی از انطباق یا عدم انطباق نسبت به معیارهای ممیزی باشند، یا امکان بهبود را شناسایی کند.

۶. **نتیجه گیری های ممیزی** Aduit Conclusion:

نتیجه گیریهای ممیزی، عبارت است از ماحصل یک ممیزی، که پس از بررسی و در نظر گرفتن مشاهدات و همه یافته های ممیزی، توسط گروه ممیزین ارائه می گردد.

۷. **متقاضی ممیزی** Aduit Clients:

متقاضی ممیزی عبارت است از سازمان یا شخصی که خواستار انجام یک ممیزی توسط میزان می شود.

۸. **ممیزی شونده** Aduitee:

ممیزی شونده، عبارت است از سازمانی که مورد ممیزی قرار می گیرد.

۹. **ممیز** Auditor:

ممیز، عبارتست از شخص واجد مهارت و شایستگی، که ممیزی را برگزار می نماید. بطور کلی ممیز کسی است که قابلیت لازم برای ممیزی موردنظر را احراز کرده باشد.

۱۰. **گروه ممیزی** Audit Team:

گروه ممیزی، عبارتست از یک یا چند ممیزی که عملیات ممیزی را اجرا می نمایند.

۱۱. **کارشناس فنی** Technical Expert:

فردی است که دانش یا تخصص ویژه ای را در رابطه با موضوع ممیزی ارائه می کند. دانش ویژه یا تخصصی، عبارت از دانش یا مهارت تخصصی درباره سازمان، فرآیند یا فعالیتی که قرار است ممیزی شود، یا زبان و راهنمایی های فرهنگی دیگر می باشد.

۱۲. **شایستگی** Competence:

شایستگی عبارتست از توانایی اثبات شده در مورد بکارگیری مهارت و دانش.

انواع ممیزی انرژی

قبل از شروع به ممیزی انرژی، داشتن یک تصور کلی از هدف پروژه و میزان تلاشی که برای برآوردن انتظارات آن، باید صورت بگیرد، مفید است. چهار نوع یا سطح عمده از ممیزی انرژی وجود دارد که هر یک، ممکن است توقعات مورد انتظار از ممیزی را برآورده کند. سطوح اصلی ممیزی، به ترتیب افزایش پیچیدگی عبارتند از:

۱. ممیزی بهینه کاوی (Benchmarking audit):

در این نوع ممیزی، بر اساس قبوض مصرف انرژی، یک تحلیل مفصل مقدماتی از میزان مصرف انرژی و هزینه های آن، انجام می گیرد و شاخص های معیاری نظیر مصرف انرژی سالانه در واحد سطح [(BTU: British thermal unit) در فوت مربع (foot Squere) در سال] و بهای انرژی مصرفی سالانه در واحد سطح (Dollars of energy per square foot per year)، تعیین می شود.

۲. ممیزی عبوری (Walk through audit):

ممیزی عبوری، همانطور که از نامش پیداست، گشت زنی در ساختمان به منظور بازرسی چشمی هر یک از سیستم های مصرف انرژی است. این روش معمولاً شامل ارزیابی اطلاعات مربوط به مصرف انرژی برای تحلیل میزان مصرف و الگوهای مصرف است، همچنین نتایج حاصل از تحلیل با میانگین های صنعتی یا معیارهای موجود برای ساختمان های مشابه، مقایسه می شود. با اینکه این روش کم هزینه ترین نوع ممیزی است اما می تواند تخمین اولیه ای از پتانسیل صرفه جویی و فهرستی از فرصت های کم هزینه برای بهینه سازی مصرف، از طریق اصلاح روش های بهره برداری و نگهداری ارائه کند.

۳. ممیزی استاندارد

ممیزی استاندارد برای کمی سازی انرژی و تلفات آن، و از طریق مرور و تحلیل دقیق تر مشخصات تجهیزات، سیستم ها، و روش های بهره برداری انجام می گیرد. این تحلیل ممکن است شامل برخی اندازه گیری ها و تست ها در محل ساختمان نیز باشد که برای کمی نمودن مصرف انرژی و بازده سیستم های مختلف لازم است.

۴. شبیه سازی کامپیوتری

ممیزی سطح ۳ جزئیات بیشتری از مصرف انرژی توسط کارکرد و ارزیابی جامع تری از الگوهای مصرف انرژی را دربر می گیرد. این روش با استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی کامپیوتر اجرا می شود و در آن ممیز، یک شبیه سازی کامپیوتری از سیستم های ساختمان ایجاد خواهد کرد که می تواند با در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی و متغیرهای دیگر، مصرف یک ساله انرژی را پیش بینی کند. هدف ممیز، ایجاد یک مدل پایه منطبق با مصرف واقعی انرژی ساختمان است.

روش انجام مراحل مختلف ممیزی ساختمان

۱. تجزیه و تحلیل و شناسایی ساختمان های موجود: انواع ساختمان، دسته بندی ساختمانها، میزان مصرف انرژی بر واحد سطح، قیمت ها و هزینه ها، محاسبات روزانه درجه حرارت، شرایط آب و هوایی و رطوبت محیط
۲. تعیین اهداف ممیزی: تعیین اهداف صرفه جویی ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪ و ....، زمان برگشت سرمایه و میزان سرمایه گذاری لازم
۳. انتخاب تعدادی ساختمان نمونه
۴. بازدید از ساختمانها: کنترل مصالح، پنجره ها، شرایط عمومی موتورخانه، سیستم سرمایش/ گرمایش، لوله کشی، فن کوئلها و ...
۵. جمع آوری اطلاعات مربوط به ساختمان: نقشه های ساختمان، نقشه های تاسیسات و قبوض مصرف انرژی
۶. پردازش اطلاعات: شرح اطلاعات عمومی ساختمان و میزان مصرف انرژی در ساختمان
۷. جمع آوری اطلاعات مربوط به هزینه های اجرای اقدامات صرفه جویی: پنجره ها، عایق کاری دیوارها، و سایر موارد

۸. برآورد اقتصادی: تخمین هزینه، برآورد ارزش ریالی انرژی و محاسبه زمان برگشت سرمایه

۹. ارائه مدلهای مختلف اجرای طرحهای پیشنهادی:تهیه مدل اجرایی، نحوه هزینه شدن بودجه و نحوه تامین مالی(سرمایه گذاری)

۱۰. نظارت فنی و عمومی: گزارش عملکرد، نتایج فنی و گزارش نهایی

تعیین گروه و گونه بندی ساختمان مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

۱- گونه بندی کاربری ساختمان

ساختمان ها از نظر نوع کاربری به چهار گروه الف تا د تقسیم می شوند.

نوع کاربری الف	مسکونی، بیمارستان، هتل، مهمانسرا، آسایشگاه، آزمایشگاه، مرکز تحقیقاتی، خوابگاه، زایشگاه، سردخانه.
نوع کاربری ب	ایستگاه رادیو و تلویزیون، مرکز اصلی یا فرعی مخابرات، مرکز اصلی یا شعبه بانک، ایستگاه اصلی و مرکز کنترل مترو، بخش اداری ساختمان صنعتی، ساختمان آموزشی، خانه بهداشت، ساختمان پست و پلیس و آتش نشانی، مجتمع فنی - حرفه ای، سالن غذاخوری، دانش سرا و مرکز تربیت معلم، ساختمان آموزشی دانشگاهی، ساختمان اداری یا تجاری بزرگ، کتابخانه.
نوع کاربری ج	اردوگاه جهانگردی، بنای یادبود، ترمینال فرودگاه بین المللی یا داخلی، استادیوم ورزشی سرپوشیده، فروشگاه، تعمیرگاه بزرگ، کارخانه صنعتی (غیر از موارد ذکر شده در کاربری د)، نمایشگاه، باشگاه، تأتر، سینما، سالن اجتماع و کنفرانس.
نوع کاربری د	انبار، تعمیرگاه کوچک، کارگاه کوچک، کارخانه صنعتی اتومبیل سازی، نورد و ذوب فلزات، سیلو و مشابه آنها، پارکینگ در طبقات، آشیانه حفاظتی هواپیما، ساختمان ایستگاه وسایل نقلیه زمینی، ساختمان میدانهای میوه و تره بار، ایستگاه فرعی مترو، ترمینال راه آهن، پناهگاه، ساختمان کشتارگاه.

گروه بندی کاربری در این مبحث براساس سه عامل زیر تعیین شده است :

۱- نوع تداوم استفاده از ساختمان در طول سال و در طول شبانه روز

۲- شدت اختلاف دمای احتمالی بین داخل و خارج ساختمان

۳- اهمیت تثبیت دمای فضاهای داخل ساختمان

در صورتی که بخش یا بخش هایی از ساختمان با مساحت بیش از ۱۵۰ مترمربع و با کاربری متفاوت از کاربری عمومی ساختمان (کاربری بخش بزرگتر ساختمان) جزو فضاهای داخلی ساختمان محسوب شود، لازم است برای هر بخش گروه بندی جداگانه در نظر گرفته شود و مقررات خاص مربوط به آن گروه بندی رعایت شود.

۲- گونه بندی جغرافیایی نیاز انرژی گرمایی - سرمایی سالانه ساختمان

مناطق مختلف کشور از نظر سطح نیاز انرژی گرمایی - سرمایی سالانه، به سه گروه تقسیم می گردند:

- ✓ نیاز انرژی گرمایی - سرمایی سالانه کم
- ✓ نیاز انرژی گرمایی - سرمایی سالانه متوسط
- ✓ نیاز انرژی گرمایی - سرمایی سالانه زیاد

جزییات مربوط به سه گونه فوق، و شهرهای واقع در هرکدام از گونه ها در پیوست ۳ مبحث ۱۹ آمده است.

ردیف	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز گرمایی زیاد	نیاز سرمایی زیاد	گرم و مرطوب
۱	آبادان	زیاد		×	
۲	آزادشهر	کم			×
۳	اصفهان		×		
۴	افراچال	کم			

۳- گونه بندی سطح زیربنای مفید ساختمان

ساختمان ها از نظر سطح زیربنای مفید به دو گونه تقسیم می گردند:

- زیربنای مفید کمتر از یا مساوی با ۱۰۰۰ متر مربع
- زیربنای مفید بیش از ۱۰۰۰ متر مربع

۴- گونه بندی شهر محل استقرار ساختمان

شهرها در این مبحث به دو گونه تقسیم می گردند:

- شهرهای بزرگ: مراکز استانها و شهرهای با بیش از یک میلیون نفر جمعیت.
- شهر های کوچک: شهرهای با کمتر از یک میلیون نفر جمعیت که مرکز استان نیستند.

۵- گروه بندی ساختمان ها از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی

برای طراحی ساختمان طبق ضوابط مندرج در این مبحث، بعد از مشخص شدن عوامل ویژهٔ اصلی ذکر شده در ۴ بند فوق، لازم است ابتدا شمارهٔ گروه ساختمان از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی (ر.ک .به پیوست ۵) تعیین گردد.

گروه ۱- ساختمان های با صرفه جویی در مصرف انرژی زیاد

گروه ۲- ساختمان های با صرفه جویی در مصرف انرژی متوسط

گروه ۳- ساختمان های با صرفه جویی در مصرف انرژی کم

گروه ۴- ساختمان های بدون صرفه جویی در مصرف انرژی

در این مبحث، هرکجا به اختصار ساختمان از گروه ۱ یا ۲ یا ... ذکر شده است منظور گروه بندی فوق می باشد.

گروه بندی انواع کاربری ساختمانها	طبقه بندی جغرافیایی از نظر نیاز انرژی	شهرهای بزرگ		شهرهای کوچک	
		زیربنای کمتر از ۱۰۰۰ متر مربع	زیربنای بیشتر از ۱۰۰۰ متر مربع	زیربنای کمتر از ۱۰۰۰ متر مربع	زیربنای بیشتر از ۱۰۰۰ متر مربع
نوع الف	زیاد	گروه ۱	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۲
	متوسط	گروه ۲	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۳
	کم	گروه ۳	گروه ۳	گروه ۴	گروه ۴
نوع ب	زیاد	گروه ۲	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۲
	متوسط	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۳
	کم	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۴	گروه ۴
نوع ج	زیاد	گروه ۲	گروه ۲	گروه ۲	گروه ۲
	متوسط	گروه ۳	گروه ۳	گروه ۳	گروه ۳
	کم	گروه ۴	گروه ۴	گروه ۴	گروه ۴
نوع د	زیاد	گروه ۴	گروه ۴	گروه ۴	گروه ۴
	متوسط	گروه ۴	گروه ۴	گروه ۴	گروه ۴
	کم	گروه ۴	گروه ۴	گروه ۴	گروه ۴

گونه بندی استانها از نظر میزان مصرف انرژی مورد نیاز:

گروه	نیاز به انرژی	نام استانها
الف	زیاد	هرمزگان، بوشهر، آذربایجان شرقی و غربی، چهارمحال و بختیاری، اردبیل، همدان، خوزستان و زنجان
ب	متوسط	اصفهان، سمنان، کردستان، قزوین، کرمان، کرمانشاه، مرکزی، فارس، ایلام، خراسان شمالی، جنوبی و رضوی
ج	کم	لرستان، گیلان، قم، گلستان، مازندران، سیستان و بلوچستان، کهکیلویه و بویراحمد و یزد

عوامل ویژه فرعی

میزان صرفه جویی لازم در مصرف انرژی که در این مبحث مشخص می گردد، به عوامل ویژه دیگری که عوامل ویژه فرعی نامیده می شوند نیز وابسته است. عوامل ویژه فرعی به شرح زیر می باشند:

- شرایط بهره گیری از انرژی خورشیدی
- نوع انرژی مصرفی (برقی و غیربرقی) برای تأمین گرمایش، سرمایش و آب گرم مصرفی
- استفاده از سیستم های نوین تهویه
- نسبت سطح پوسته خارجی نورگذر ساختمان به سطح زیربنای مفید آن
- نحوه استفاده از ساختمان با کاربری غیر مسکونی(مداوم یا منقطع)

۱- گونه بندی از نظر شرایط بهره گیری از انرژی خورشیدی

ساختمان ها از نظر شرایط بهره گیری از انرژی خورشیدی، به چند گونه تقسیم می شوند:

- وجود امکان بهره گیری از انرژی خورشیدی
- عدم وجود امکان بهره گیری از انرژی خورشیدی

۲- گونه بندی از نظر نوع انرژی مصرفی

ساختمان ها از نظر نوع انرژی مصرفی به دو بخش تقسیم می گردند:

۱. غیر برقی: ساختمان هایی که کمتر از یا مساوی ۵۰ ٪ انرژی مصرفی آنها جهت گرمایش، سرمایش، تهویه و تهویه مطبوع از نوع برقی است.

۲. برقی: ساختمان هایی که بیش از ۵۰ ٪ انرژی مصرفی آنها جهت گرمایش، سرمایش، تهویه و تهویه مطبوع از نوع برقی است.

در ساختمان هایی که گرمایش با استفاده از سیستم های غیر برقی صورت می گیرد:

- اگر سرمایش توسط سیستم های تبخیری یا جذبی تأمین گردد نوع انرژی مصرفی غیربرقی تلقی می گردد.
- اگر سرمایش توسط سیستم های مکانیکی برقی تأمین گردد نوع انرژی مصرفی برقی تلقی می گردد.
- در ساختمان هایی که گرمایش با استفاده از سیستم های برقی صورت می گیرد نوع انرژی مصرفی برقی تلقی می گردد.
- نظر به اینکه هزینه های تولید انرژی الکتریکی در کشور بسیار بالا است و با توجه به اهداف ملی در راستای محدود کردن مصرف انرژی الکتریکی، در این مبحث، میزان صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان های با گرمایش و سرمایش از نوع برقی بطور محسوسی بیشتر از موارد غیربرقی می باشد.

۳- گونه بندی از نظر استفاده از سیستم های نوین تهویه

ساختمان ها از نظر استفاده از سیستم های نوین تهویه به دو بخش تقسیم می گردند:

- استفاده از سیستم های نوین تهویه
- عدم استفاده از سیستم های نوین تهویه

۴- گونه بندی از نظر نسبت سطح پوسته خارجی نورگذر ساختمان به سطح زیربنای مفید آن

ساختمان ها از نظر نسبت سطح پوسته خارجی نورگذر به سطح زیربنای مفید آن، بسته به گروه بندی ساختمان از نظر میزان صرفه جوئی در مصرف انرژی به دو گونهٔ الف و ب به شرح زیر تقسیم می شوند:

Ah: سطح زیربنای مفید　　AG: سطح پوسته خارجی نورگذر

برای ساختما ن های گروه ۱:

الف) نسبت سطح پوسته خارجی نورگذر به سطح زیربنای مفید ساختمان کمتر از یا مساوی با ۱:۱۲ $(AG \leq Ah/12)$

ب) نسبت سطح پوسته خارجی نورگذر به سطح زیربنای مفید ساختمان بیشتر از ۱:۱۲ $(AG \geq Ah/12)$

برای ساختمان های گروه ۲ و ۳:

الف) نسبت سطح پوسته خارجی نورگذر به سطح زیربنای مفید ساختمان کمتر از یا مساوی با ۱:۹ $(AG \leq Ah/9)$

ب) نسبت سطح پوسته خارجی نورگذر به سطح زیربنای مفید ساختمان بیشتر ۱:۹ $(AG \geq Ah/9)$

۵- گونه بندی ساختمان ها با کاربری غیر مسکونی

ساختمان های غیر مسکونی از نظر نحوه استفاده به دو بخش تقسیم می گردند:

- استفاده منقطع: در صورتی استفاده از ساختمان (یا بخشی از آن) منقطع تلقی می شود که بتوان در هر شبانه روز حداقل ده ساعت کنترل دما (در محدودهٔ دمای متعارف در زمان اشغال فضاها) را متوقف کرد.
- استفاده مداوم: در صورتی استفاده از ساختمان (یا فضاهای داخلی آن) مداوم تلقی می شود که تعریف استفاده منقطع در مورد ساختمان (یا فضای مربوطه) صادق نباشد.
- اگر از بعضی فضاهای ساختمان بصورت مداوم، و از برخی دیگر بصورت منقطع استفاده گردد، نوع استفاده از بخش بزرگتر ملاک تصمیم گیری برای کل ساختمان است مگر آنکه مساحت بخش یا بخش های کوچکتر بیش از ۱۵۰ متر مربع باشد. در این صورت محاسبات حرارتی هر نوع فضا باید بصورت مستقل انجام شود.
- فضاهای با استفاده منقطع، در حالت های زیر با استفاده مداوم تلقی می شوند:
  - اینرسی حرارتی زیاد جدارهای فضاهای مربوطه
  - فضاهایی که در آن دما را نمی توان بیش از ۷ درجه سانتیگراد زیر محدوده دمای متعارف پایین آورد.

ساختمان در چه وضعیتی از مصرف انرژی قرار دارد؟

- صورت حساب گاز، سوخت و برق را در طول یک الی دو سال جمع آوری می کنیم.
- واحد حامل های انرژی را به KWh تبدیل می کنیم.
- مقدار بدست آمده (مصرف سالانهٔ انرژی) را بر مقدار زیربنای مفید (سطح کنترل شده) ساختمان تقسیم می کنیم.
- از این طریق مقدار انرژی مصرفی بر هر مترمربع ساختمان (KWh/m2) بدست می آید.

انرژی مصرفی ساختمان (KWh/m2)	وضعیت ساختمان	راهکار
کمتر از ۲۰۰	بسیار خوب	وضعیت موجود را حفظ کنید.
بین ۲۰۰ تا ۳۰۰	دارای مشکل	مصارف انرژی ساختمان را مورد بازنگری قرار داده و راهکارهای جلوگیری از تلفات انرژی را در آن بیابید.
بین ۳۰۰ تا ۴۰۰	دارای مشکل اساسی	برنامه های بهینه سازی مصرف انرژی را به اجرا درآورید. به این منظور حتماً از خدمات مشاوره ای کارشناسان انرژی بهره مند شوید.
بیش از ۴۰۰	سیستم های موجود غیرکارا می باشند.	بازبینی سیستم های مصرف کننده انرژی و در صورت امکان تعویض آن.

فضای کنترل شده

بخش هایی از فضای داخل ساختمان، اعم از فضای زیستی و غیرزیستی، که به علت داشتن عملکرد خاصی، بطور مداوم و تا دمایی برابر و یا بالاتر (یا پایینتر) از دمای زیستگاه، گرم (یا خنک) میشوند مگرآنکه از نوع ذکر شده درتعریف فضاهای کنترل نشده باشند.

کارهای قبل از بازدید

کارهای قبل از دیدن محل، برای شناخت جنبه های اساسی ساختمان مهم است. این آماده سازی اولیه کمک می کند تا بازدیدی با بالاترین بهره وری زمانی داشته باشید و ایجاد مزاحمت برای ساکنین ساختمان را نیز به کمترین میزان می رساند.

وظایف پیش از بازدید عبارتند از:

- بررسی آماری مصارف و قبوض انرژی ساختمان
- تعیین نوع و میزان مصارف انرژی بخش های مختلف ساختمان
- جمع آوری اطلاعات عمومی ساختمان اعم از نقشه های تاسیسات، الکتریکی و روشنایی و ...
- تهیه فهرست تجهیزات عمده مصرف کننده انرژی
- تهیه فهرست پارامترهای اندازه گیری جهت ممیزی ساختمان

تهیه پرسشنامه انرژی

۱. اطلاعات عمومی ساختمان
۲. لیست کلیه مصرف کننده های الکتریکی و فسیلی ساختمان (منابع تامین انرژی؟)
۳. لیست تجهیزات موجود در موتورخانه (منابع تامین انرژی؟)
۴. لیست تجهیزات روشنایی (منابع تامین انرژی؟)
۵. بررسی مصالح بکار رفته در پوسته خارجی (اطلاعات پوشش های ساختمان)
۶. بررسی و تیپ بندی درب ها و پنجره ها و تعیین مساحت آنها

فرآیند ممیزی

اولین مرحله در هر ممیزی انرژی باید جمع آوری قبوض انرژی و انجام ممیزی بهینه کاوی باشد و وقتی که سطح واقعی ممیزی مورد نیاز تعیین شد، می توانید اطلاعاتی در مورد اجزای ساختمانی و مکانیکی که بر مصرف انرژی ساختمان تاثیر می گذارند جمع آوری نموده و اطلاعاتی هم در مورد مشخصات بهره برداری از ساختمان تهیه کنید.

۱) اطلاعات مربوط به مصرف انرژی ساختمان را در یکی دو سال اخیر، جمع آوری و مرور کنید. اطلاعات را جدول بندی کرده و نمودار داده ها را رسم کنید. الگوی فصلی، جهش های غیرعادی و دقت قبض ها را بررسی کنید. رسم نمودار برای اطلاعات مربوط به مصرف و هزینه، درک نحوه مصرف انرژی هر ساختمان را آسانتر می کند.

۲) نقشه ها و مشخصات مکانیکی، معماری و الکتریکی مربوط به بنای اصلی، و هرگونه توسعه یا بازسازی که بعدها انجام شده، را بدست آورید.

۳) بر روی کاغذ پلان ساده طبقات (Simple floor plan) ساختمان را رسم کنید. چند نسخه از آن تهیه کنید تا هنگام بازدید از محل، برای یادداشت برداری از آنها استفاده کنید. از کپی های جداگانه برای یادداشت اطلاعات مربوط به محل تجهیزات HVAC و کنترل ها، نواحی گرمایشی، سطوح روشنایی و دیگر سیستم های مربوط به انرژی استفاده کنید.

۴) بطور تقریبی مساحت فضایی را که قرار است بهینه سازی شود، با استفاده از ابعاد خارجی ساختمان و تعداد طبقات محاسبه کنید. نواحی را که قرار نیست بهینه سازی یا استفاده شوند می توان از مساحت تقریبی کم کرد.

۵) شرح حالی از نمایه ساختمان که شامل سن بنا، وضعیت تصرف، توصیف بنا و شرایط فعلی سیستم های معماری، مکانیکی و اکتریکی آن می باشد، تهیه کنید.

۶) از فرمهای ممیزی برای جمع آوری داده، سازماندهی و مستند سازی همه اطلاعات مربوط به ساختمان و تجهیزات استفاده کنید. نظام نامه ممیزی شامل چک لیستها و جداول زمانبندی تجهیزات است و فرم های دیگری نیز از منابع گوناگون وجود دارد. حتی می توانید خودتان فرمی برای برآوردن نیازهای خاص خود تهیه کنید. برای صرفه جویی در وقت، قبل از بازدید، تا جایی که ممکن است فرمها را با استفاده از نقشه ها و ویژگی های ساختمان پر کنید.

۷) شاخص مصرف انرژی (Energy Utilization Index) را بر حسب But/sq ft.year یا بر حسب KWh/m2.year محاسبه کنید و با استفاده از نمودار ارائه شده در بخش حسابداری انرژی، آن را با EUI های انواع ساختمان های مشابه مقایسه کنید. EUI با تبدیل مصرف سالانه انواع سوختها به BTU یا KWh و تقسیم حاصل آن بر مساحت تقریبی ساختمان بر حسب فوت مربع یا مترمربع محاسبه می شود.

Energy Consumption شاخص مصرف انرژی در ساختمان = $\frac{\text{میزان مصرف انرژی یکسال}}{\text{مساحت زیربنای ساختمان}}$ $\frac{\text{(Annual Energy Consumption)}}{\text{(Building Area)}}$

شاخص مصرف انرژی حرارتی Heat Energy Consumption Index (MJ/m2.year)

$$\frac{\text{مصرف سوخت طی یکسال (Annual fuel cons)} = \text{انرژی حرارتی سوخت (گاز طبیعی)} * \text{(Heating Value)}}{\text{مساحت کل فضاهای کنترل شده (Total Heated Area)}}$$

شاخص مصرف انرژی الکتریکی Electric Energy Consumption Index (KWh/m2.year)

$$\frac{\text{کل انرژی الکتریکی برای تامین بار سرمایش، روشنائی، ماشینهای اداری و ... ساختمان}}{\text{مساحت کل فضاهای کنترل شده (Total Electric Area)}}$$

تعیین سهم مصارف انرژی تجهیزات (تراز نامی)

یکی از مواردی که کمک شایانی در راستای تعیین اولویت جهت انجام اندازه گیری و همچنین برنامه ریزی مدیریت انرژی ساختمان می کند بحث تراز نامی مصرف کننده های انرژی ساختمان (هم الکتریکی و هم فسیلی) می باشد لذا با توجه به اطلاعات جمع آوری شده در پرسش نامه انرژی نسبت تعیین میزان مصرف انرژی هر بخش و یا هر مصرف کننده خاص اقدام می نمائیم.

با در اختیار داشتن ساعات کار دستگاه و سایر اطلاعات، مصرف انرژی برای هر وسیله یا دستگاه را می توان به شرح فرمول زیر محاسبه نمود:

$$E = Q \times L \times T$$

E - انرژی مصرفی برحسب کیلووات ساعت و یا مگاژول بر ساعت

Q - توان مصرفی بر حسب کیلووات یا مگاژول

L - بار، بدون واحد (ضریب همزمانی کارکرد)

T - ساعات کارکرد تجهیز

مثال۱: یک دیگ آبگرم با ظرفیت حرارتی مشعل برابر ۱۰۰۰۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت (با راندمان ۹۰٪) وظیفه تولید آبگرم یک ساختمان اداری را به عهده دارد. ساعات کاری ساختمان فوق ۸ ساعت در روز و ۲۵ روز در ماه بوده و دیگ فوق در هر ساعت ۳۰ دقیقه روشن و ۳۰ دقیقه خاموش است. میزان مصرف ماهیانه آن را تعیین کنید؟

با فرض مصرف سوخت گاز طبیعی و ارزش حرارتی ۸۶۰۰ کیلوکالری بر متر مکعب داریم:

$$\text{مصرف انرژی} = \frac{1000000 \text{ کیلو کالری}}{90\%} \times \frac{4/187}{1000} \frac{\text{مگاژول}}{\text{کیلو کالری}} \times ۰/۵ \times ۲۰۰ \frac{\text{ساعت}}{\text{ماه}} = ۴۶۵۲۲۲/۲۲۲ \text{ Mj/mo}$$

مثال۲: یک موتور با قدرت ۱۰ اسب بخار (با کارایی ۸۵٪) یک کمپرسور را که ۲۴ ساعت در شبانه روز روشن است می چرخاند. تناوب کاری کمپرسور (با بار/ بدون بار) ۳۰ درصد است. میزان مصرف ماهانه آن را تعیین کنید؟

$$\text{توان ورودی} = \frac{10 \text{ اسب بخار}}{0/85} \times ۰/۷۴۶ \frac{\text{کیلووات}}{\text{بخار اسب}} = ۸/۷۸ \text{ کیلووات}$$

$$\text{مصرف انرژی} = ۸/۷۸ \text{ کیلووات} \times ۰/۳۰ \times ۷۳۰ \frac{\text{ساعت}}{\text{ماه}} = ۱۹۲۲/۸۲ \text{ KWh/mo}$$

بررسی ساختمان نمونه

۱- متوسط انرژی حرارتی مصرفی سالیانه ⟸ گاز طبیعی ۱۲۴۳۸۷ m3

۲- متوسط انرژی الکتریکی مصرفی سالیانه ⟸ ۱۶۹۳۱۲۲ KWh

۳- مساحت کل زیربنای ساختمان ⟸ ۸۴۰۰ m2

انرژی حرارتی مصرفی در طول یک سال: 124387m3/year × 39Mj/m3 = 4851093 Mj/year

انرژی الکتریکی مصرفی در طول یک سال: 1693122 KWh/year

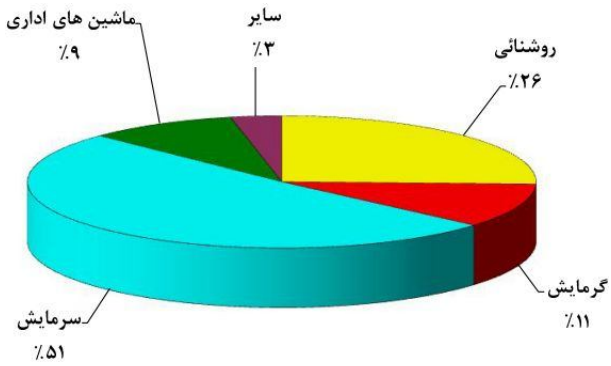
کل مصرف انرژی ساختمان در طول سال: (4851093 Mj/year × 0.27778 KWh/Mj) + 1693122 KWh/year = 3040658 KWh/year

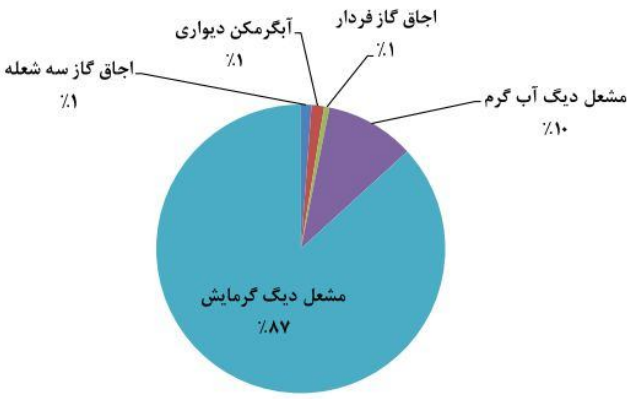
وضعیت انرژی ساختمان: (3040658 KWh/year) / (8400m2) = 362 KWh/m2

مشکلات بهره وری انرژی ساختمان بسیار اساسی است.

نوع سیستم	نام تجهیزات	تعداد	توان مصرفی (KW)	ضریب همزمانی	ساعات کارکرد در hr۲۴	تعداد روز کارکرد	انرژی مصرفی فصل معتدل (KWh)	درصد مصرف برق
روشنائی (داخلی)	فلورسنت	330	0.053	0.8	8	60	6716	61.1
	"	39	0.03	0.8	8	60	449	4.1
	رشته ای	16	0.06	0.8	8	60	369	3.4
	هالوژن	0	0.05	0.8	8	60	0	0.0
	کامپکت	1	0.018	0.8	8	60	7	0.1
	"	0	0.011	0.8	8	60	0	0.0
مجموع			15.71				7541	68.6
تهویه	فن کوئل ۴۰۰	5	0.08	0.9	8	0	0	0.0
	فن کوئل ۶۰۰	11	0.125	0.9	8	0	0	0.0
	فن کوئل ۸۰۰	26	0.17	0.9	8	0	0	0.0
	هواکش سرویسها	1	0.2	0.75	8	60	72	0.7
مجموع			5.73			60	72	0.7
ماشینهای اداری	تلویزیون "۲۱	2	0.15	0.5	2	60	18	.2
	کامپیوتر	34	0.2	0.75	6	60	1836	16.7
	پرینتر	12	0.25	0.5	4	60	360	3.3
دستگاههای عمومی	اسکنر	4	0.6	0.5	1	60	72	0.7
	فاکس	7	0.1	0.5	4	60	84	0.8
	دستگاه کپی	5	0.3	0.8	8	60	576	5.2
مجموع			9.50				2946	26.8
سایر	یخچال	2	0.15	1	12	60	216	2.0
	آبسردکن	1	0.3	1	12	60	216	2.0
مجموع			0.6				732	3.9
کل توان مصرفی (دیماند مصرف کننده ها):			31.54	کل انرژی مصرفی (فصل معتدل)			10991	100.0

تراز نامی مصرف انرژی الکتریکی ساختمان اداری



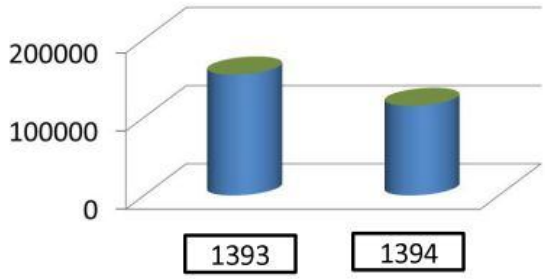


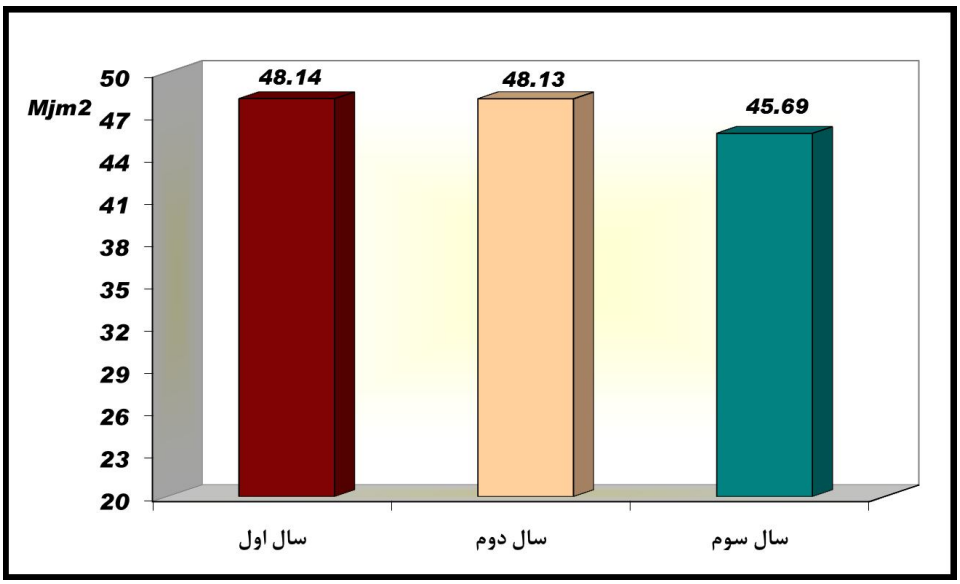
تراز نامی مصرف انرژی حرارتی ساختمان

نام تجهیزات	تعداد	ظرفیت نامی m3/hr	ساعت کارکرد hr/day	تعداد روز کاری day/year	مصرف سالانه m3/year	درصد
اجاق گاز سه شعله	۴	۰.۵	۳	۲۵۰	۱۵۰۰	۱.۱۸
آبگرمکن دیواری	۱	۲.۴	۳	۲۵۰	۱۸۰۰	۱.۴۲
اجاق گاز فردار	۱	۱	۳	۲۵۰	۷۵۰	۰.۵۹
مشعل دیگ آبگرم	۱	۱۷	۳	۲۵۰	۱۲۷۵۰	۱۰.۰۲
مشعل دیگ گرمایش	۲	۲۳	۲۰	۱۲۰	۱۱۰۴۰۰	۸۶.۷۹
مجموع					۱۲۷۲۰۰	۱۰۰

شاخص مصرف انرژی ساختمان:

EUI = 10374725096 (Btu)/90416.8864 (ft2) = 114743.22 (Btu/ft2)





ایجاد یک طرح اولیه از محل

طرح اولیه از محل ساختمان یا مجموعه را تهیه کنید. طرح می بایست حاوی اطلاعات زیر باشد:

- محل نسبی و طرح اجمالی ساختمان (ها)
- نام و شماره پلاک هر ساختمان، (اگر شماره ندارند عددی به آنها اختصاص دهید)
- سال بنای هر ساختمان و الحاقات آن
- متر مربع (مساحت زیربنا) هر ساختمان و الحاقاتش
- محل، نوع انرژی های مصرفی و شماره شناسه کنتورهای ساختمان
- نواحی مربوط به هر کنتور
- محل تجهیزات و دستگاه های گرمایشی و سرمایشی
- پیکان نشان دهنده جهت شمال
- اطلاعات مربوط به شاخص انرژی ساختمان
- خروجی های ناشی از نمودارهای مصرف انرژی

وظایف حین بازدید از محل

طوری برنامه ریزی کنید که حداقل یک روز کامل را صرف بازدید از هر ساختمان کنید.

همه ابزارهای مورد نیاز خود را هنگام بازدید از محل در دسترس داشته باشید. ابزارهای اولیه عبارتند از: چاقوی جیبی، دوربین، دوربین دو چشمی، دفترچه یادداشت، ماشین حساب، چراغ قوه، متر نواری،دماسج جیبی، نورسنج، دستگاه ثبت کننده داده کوچک.

- قبل از بازدید ساختمان، نشستی با مدیر ساختمان داشته باشید و نمایه های مصرف انرژی را مرور کنید.
- پلان طبقه را در نقشه خود با ساختمان واقعی تطبیق دهید تا تفاوت اساسی با هم نداشته باشند. در پلان طبقه برای یادداشت محل تجهیزاتی مانند دیگهای بخار، چیلرها، آبگرم کن ها استفاده کنید.
- در حین گشت زنی در ساختمان، از تجهیزات مکانیکی، روشنایی، فضای کار داخلی، نواحی مشترک و راهروها و فضای خارجی از جمله پشت بام عکس بگیرید. این عکس ها به هنگام مستند سازی شرایط موجود و بحث مسائل و مشکلات با همکاران مفید واقع می شوند.
- مقدار پایه سطوح روشنایی، دما، رطوبت نسبی و ولتاژها را اندازه بگیرید.
- بلافاصله پس از ممیزی، یادداشت هایتان را مرور کرده و ابهام زدایی کنید.
- فهرست های (اقدامات بالقوه بهینه سازی انرژی ECM: Energy Conservation Measures و O&M (بهره برداری و نگهداری) پیشنهادی خود را مرور و اصلاح کنید. اقداماتی را که فاقد پتانسیل صرفه جویی هستند، حذف کرده هر یک را مستند سازی کنید.
- همه چارتها، نمودارها، توصیفات ساختمان، ورقه های اطلاعات ممیزی، اندازه عکسها را در یک زونکن سه حلقه ای مرتب کنید.

حسابداری انرژی و تحلیل آن

بایدمراحل زیر طی شود تا مطمئن شوید همه اطلاعات لازم برای انجام یک ارزیابی کامل و دقیق از مصرف انرژی را در اختیار دارید:

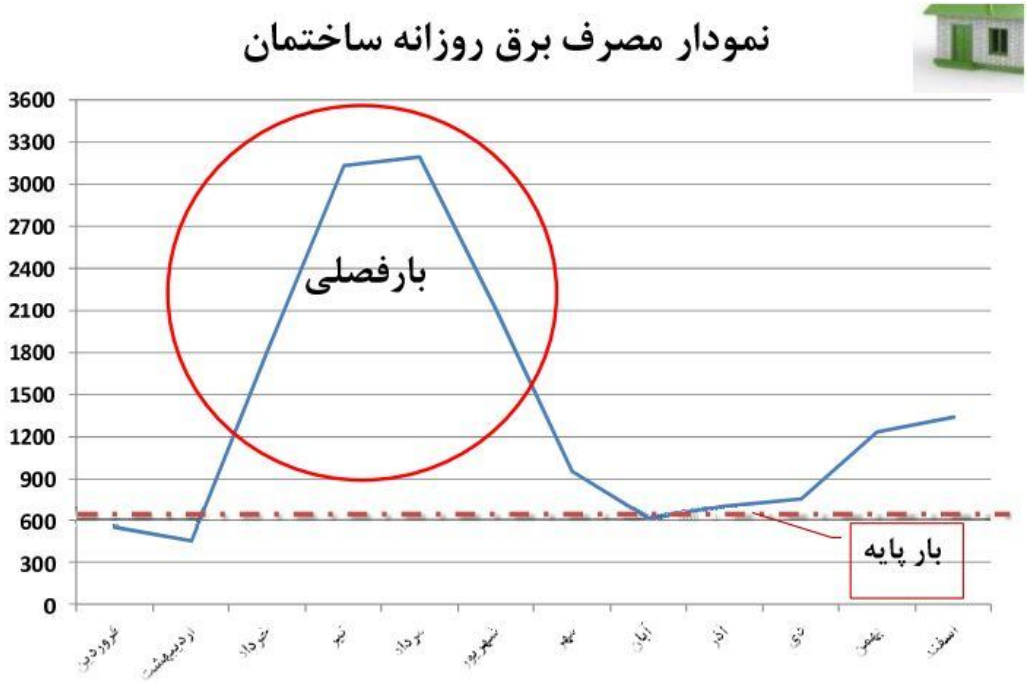
- اطمینان حاصل کنید که رونوشت تمام صورت حساب ها را دریافت کرده اید.
- صورت حساب ها را برای هر ساختمان مرتب کنید.
- محل کنتورهای اصلی و فرعی معلوم شود.

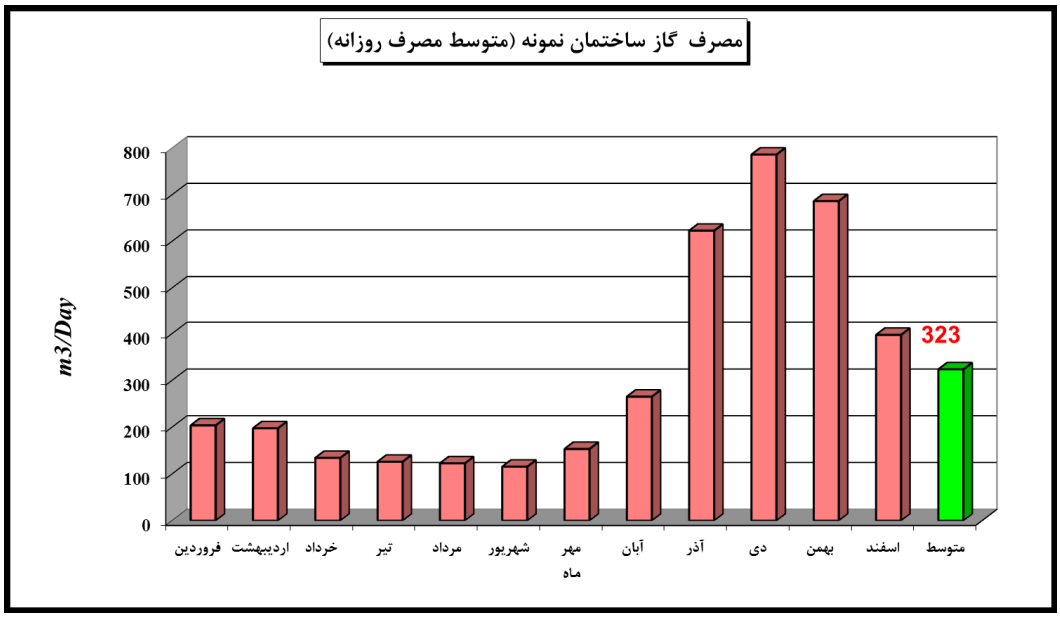
- تعداد کل کنتورها با تعداد قبوض مطابقت داشته باشد.
- مشخص کنید هر کنتور مرتبط هست یا نه.
- مساحت تهویه شده محاسبه شود.

انواع بارها در ساختمان

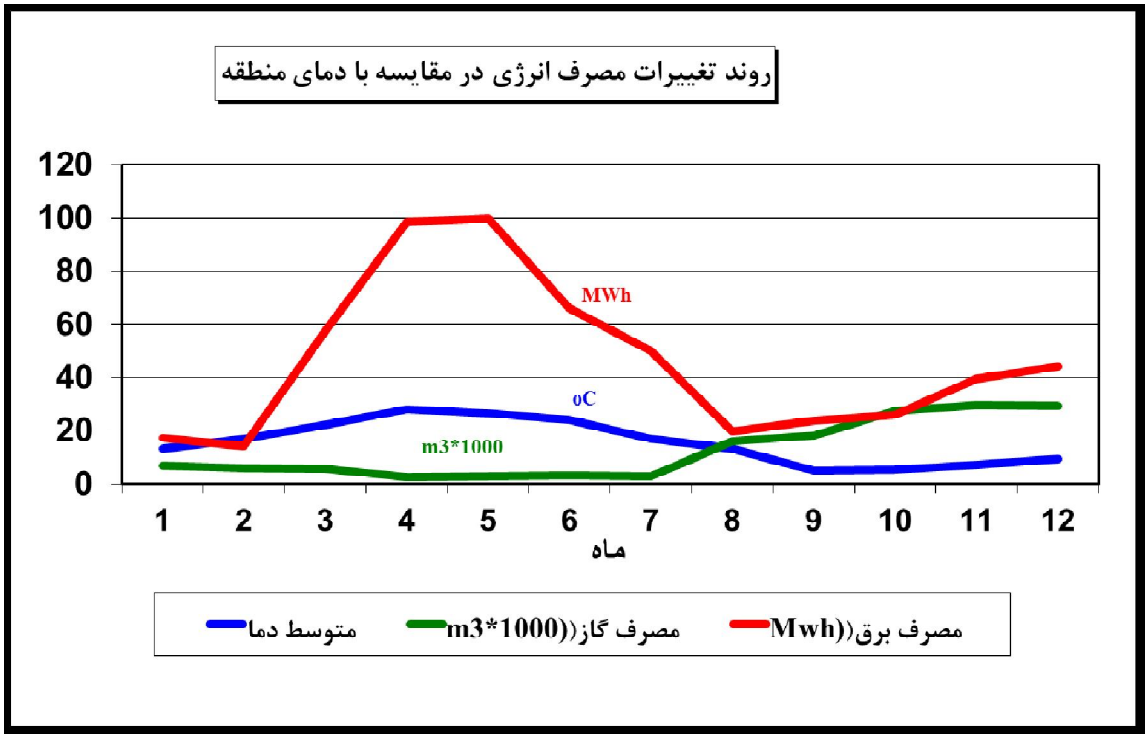
✧ **بارهای پایه:** بارهای پایه، سیستم های مصرف کننده انرژی هستند که مقدار پیوسته ای از انرژی در طول سال مصرف می کنند. بار پایه را می توان با ترسیم یک خط افقی که از نقطه میانگین کمترین مصرف برای هر نوع حامل انرژی، در یک نمودار مصرف انرژی یا هزینه می گذرد، ایجاد کرد. بار پایه نشان می دهد که تلاش های بهینه سازی باید در این زمینه متمرکز شود.

✧ **بارهای فصلی:** بارهای فصلی، مانند گرمایش و تهویه مطبوع، به عنوان بخشی از مصرف یا هزینه که در بالای خط بار پایه واقع شده، قابل تشخیص است. بارهای فصلی می تواند حاصل تغییر در آب و هوا یا تغییر در بهره برداری از ساختمان، از جمله فصل مدرسه، باشند.





ماه	کمینه °C	بیشینه °C	متوسط °C	رطوبت پایین ٪	رطوبت بالا ٪	متوسط ٪
فروردین	-1.8	29.4	13.8	3	100	51.5
اردیبهشت	4	30.8	17.4	1	100	50.5
خرداد	8.8	37	22.9	2	44	23
تیر	11.8	40	25.9	3	94	48.5
مرداد	11.8	41.1	26.45	3	51	27
شهریور	8.8	36.5	22.65	2	88	45
مهر	3	33	18	6	76	41
آبان	-7.6	25.8	9.1	15	100	57.5
آذر	-6.6	19.8	6.6	19	95	57
دی	-11.6	19.6	4	18	97	57.5
بهمن	-12	21.8	4.9	4	84	44
اسفند	-12.6	21.8	4.6	8	95	51.5



اندازه گیری الکتریکی و حرارتی

۱. اندازه گیری شدت روشنایی توسط لوکس متر
۲. اندازه گیری دما، رطوبت و سرعت هوای اتاقی توسط دیتا لاگر
۳. اندازه گیری توان مصرفی از فیدرهای روشنایی، تاسیسات و ... توسط آنالایزر توان
۴. اندازه گیری گازهای احتراق توسط آنالایزر احتراق
۵. اندازه گیری دبی آب گرم و سرد مصرفی توسط دبی سنج آلتراسونیک

موارد کاربرد آنالیزور احتراق:

- ✓ دیگ های بخار و کوره های صنعتی
- ✓ تنظیم مشعلهای صنعتی و خانگی
- ✓ ممیزی زیست محیطی
- ✓ تعیین فشار و سرعت گازهای خروجی

موارد کاربرد دبی سنج آلتراسونیک:

- ✦ اندازه گیری دبی سیالات بدون هیچ گونه تداخل در مسیر جریان مایعات
- ✦ اندازه گیری بدون توقف فرآیند
- ✦ نصب آسان و سریع جهت اندازه گیری
- ✦ قابلیت اندازه گیری بدون نیاز به دانستن فشار مایعات
- ✦ دامنه وسع (۰/۰۰۱ m/s – ۹۹ m/s)

جمع کننده ها (Data Logger 454)

اندازه گیری و ذخیره پارامترهایی از قبیل درجه حرارت، رطوبت نسبی، سرعت سیال، فشار و افت فشار

دستگاه آنالیزور برق

اندازه گیری و ذخیره کلیه پارامترهای الکتریکی از جمله توان اکتیو، توان راکتیو، توان ظاهری، جریان هر فاز، ولتاژ هر فاز، ضریب توان

روز درجه گرمایش و سرمایش (Heating and Cooling Degree Day)

- روز درجه گرمایش و روز درجه سرمایش از عواملی هستند که بستگی به درجه حرارت متوسط هوا در طی یک روز دارند و نشان دهنده این هستند که چه میزان باید درجه حرارت متوسط هوا در طی یک روز افزایش یا کاهش یابد تا برای زندگی انسان مناسب شود و از طرف دیگر چه مقدار انرژی باید صرف گرم کردن یا خنک کردن هوا کرد.
- انحراف میانگین درجه حرارت روزانه از درجه حرارت آسایشی انسان (دمای آستانه)، درجه روز نامیده می شود.
- برای محاسبه روز درجه گرمایش و روز درجه سرمایش در یک روز دو نکته را باید در نظر گرفت:
  - اول اینکه باید مقدار درجه حرارت مبنا یا آستانه را مشخص کرد. (درجه حرارت مبنا در آمریکا ۶۵ درجه فارنهایت که معادل ۱۸.۳ درجه سانتیگراد است منظور می شود.)
  - دوم اینکه در محاسبه آن باید درجه حرارت متوسط روزانه را در نظر گرفت.
- با توجه به دمای آستانه (سازمان هواشناسی در ایران آستانه های ۱۸ و ۲۱ درجه سانتی گراد را به ترتیب برای گرمایش و سرمایش پیشنهاد داده است) اگر متوسط دمای هوا از مقدار آستانه ۲۱ درجه سانتی گراد تجاوز کند، در آن روز نیاز به خنک کاری یا سرمایش محیط ایجاد خواهد شد. میزان نیاز سرمایشی در دورهٔ معین N روزه، به روز درجه سرمایشی یا CCD معروف است که از رابطه (۱) محاسبه شده است:

$$\mathrm{CCD} = \sum_1^N (T - \theta) \qquad \theta < \mathrm{T}$$

- همچنین در پایین تر از دمای آستانه، احساس سرما پیش می آید که برای دستیابی به شرایط آسایش محیطی بایستی محیط تا حد معینی گرم شود. میزان روز درجه گرمایشی نیز از طریق رابطه (۲) محاسبه شده است:

$$\mathrm{HDD} = \sum_1^N (\theta - T) \qquad \theta > \mathrm{T}$$

که در آنها T میانگین دمای روزانه و θ مقدار آستانه است.

محدوده آسایش حرارتی

- محدوده آسایش حرارتی انسان از ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی گراد است که حداقل ۱۸ درجه در مناطق سردسیر تا حداکثر ۲۸ درجه در مناطق گرمسیر قابل گسترش می باشد.
- مطابق استاندارد ASHRAE دمای مبنا در زمستان ۱۸ درجه سانتی گراد و در تابستان ۲۱ درجه سانتی گراد مشخص شده است.
- از این رو هرچه درجه حرارت متوسط روزانه هوا کمتر باشد، روز درجه گرمایشی بیشتر و نیز مصرف سوخت بیشتری پیش بینی خواهد شد.
- مقدار گرمای مورد نیاز برای حفظ درجه حرارت هوا در یک ساختمان به طور خطی متناسب با روز درجه گرمایشی است. این رابطه خطی بدین مفهوم است که با دو برابر شدن روز درجه گرمایشی معمولاً مصرف سوخت دو برابر خواهد شد.
- در صورتی که تعداد درجه روزهای گرمایشی در طول سال محاسبه شده باشد، سوخت مورد نیاز برای گرمایش منطقه را می توان تخمین زد.
- محاسبه روز درجه گرمایشی در ماه ژانویه (۳۱ روز) در زابل؟

اگر درجه حرارت متوسط زابل ۸/۵ درجه سانتی گراد باشد خواهیم داشت:

$$\mathrm{HDD} = 31\ (18.3 - 8.5) = 303.8$$

محاسبه دمای خنثی بر اساس معادله مربوطه

Relative Humidity	Air temperature	Equation
Any	Less than 10	$T_n = 0.1985\ T_0 + 17.82$
Any	10 - 15	$T_n = 0.4521\ T_0 + 14.826$
30% - 70%	15 – 30	$T_n = 0.5552\ T_0 + 12.767$
More than 30% rh	More than 30	$T_n = 0.3289\ T_0 + 19.324$
Less than 30% rh	More than 30	$T_n = 0.3187\ T_0 + 19.309$
More than 70% rh	15 – 30	$T_n = 0.511\ T_0 + 12.6$
Less than 30% rh	15 - 30	$T_n = 0.54\ T_0 + 12.1$

می توان با اضافه و کم کردن عدد ثابت، ردیف، حدود آسایش حرارتی را در فصول گرم (متوسط دمای بالای ۲۴ درجـه) و در فصـول سرد متوسط دمای زیر ۲۴ درجه را برای هر منطقه به دست آورد.

محدوده آسایش حرارتی و دمای خنثی ساختمان نمونه در استان اصفهان

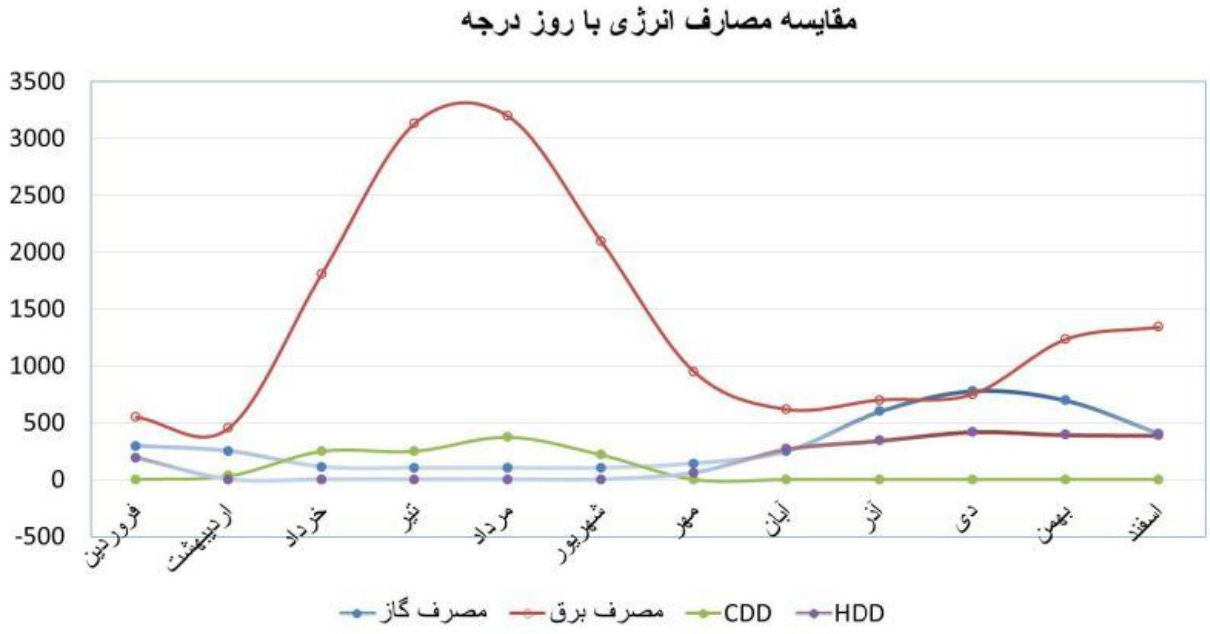
	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
دمای خنثی	۲۰/۴۲	۲۲/۴۲	۲۴/۴۶	۲۷/۱۴	۲۶/۳۸	۲۵/۳۴	۲۲/۷۶	۱۹/۶۲	۱۹/۱۳	۱۸/۶۱	۱۸/۷۹	/۷۳ ۱۸

با توجه به جدول حدود آسایش حرارتی و دمای خنثی در جدول زیر آمده است:

ماه	دما °C	رطوبت ٪	دمای خنثی °C	دمای خنثی بالا 4.2 °C	دمای خنثی پایین 2.7 °C
فروردین	13.8	51.5	20.29	24.49	17.59
اردیبهشت	17.4	50.5	22.27	26.47	19.57
خرداد	22.9	23	23.45	27.65	20.75
تیر	25.9	48.5	25.65	29.85	22.95
مرداد	26.45	27	25.225	29.425	22.525
شهریور	22.65	45	23.325	27.525	20.625
مهر	18	41	22.6	26.8	19.9
آبان	9.1	57.5	17.91	22.11	15.21
آذر	6.6	57	17.66	21.86	14.96
دی	4	57.5	17.76	21.96	15.06
بهمن	4.9	44	17.931	22.131	15.231
اسفند	4.6	51.5	17.874	22.074	15.174

جدول تعیین روز درجه شهر اصفهان

ماه	متوسط درجه حرارت °C	تعداد روز ماه	درجه دمای آسایش °C	اختلاف درجه حرارت °C	روز – درجه DD	اختلاف درجه حرارت Tin=22°C	روز – درجه Tin=22°C	اختلاف درجه حرارت Tin=24°C	روز – درجه Tin=24°C	اختلاف درجه حرارت Tin=26°C	روز – درجه Tin=26°C
فروردین	13.8	31	20	6.2	192.2	8.2	254.2	10.2	316.2	12.2	378.2
اردیبهشت	23	31	22	-1	-31	-1	-31	1	31	3	93
خرداد	31	31	23	-8	-248	-9	-279	-7	-217	-5	-155
تیر	34	31	26	-8	-248	-12	-372	-10	-310	-8	-248
مرداد	37	31	25	-12	-372	-15	-465	-13	-403	-11	-341
شهریور	30	31	23	-7	-217	-8	-248	-6	-186	-4	-124
مهر	20	30	22	2	60	2	60	4	120	6	180
آبان	9.1	30	18	8.9	267	12.9	387	14.9	447	16.9	507
آذر	6.6	30	18	11.4	342	15.4	462	17.4	522	19.4	582
دی	4	30	18	14	420	18	540	20	600	22	660
بهمن	4.9	30	18	13.1	393	17.1	513	19.1	573	21.1	633
اسفند	4.6	29	18	13.4	388.6	17.4	504.6	19.4	562.6	21.4	620.6
گرمایش					2031.8		2689.8		3171.8		3374.8
سرمایش					-1085		-1364		-930		-589



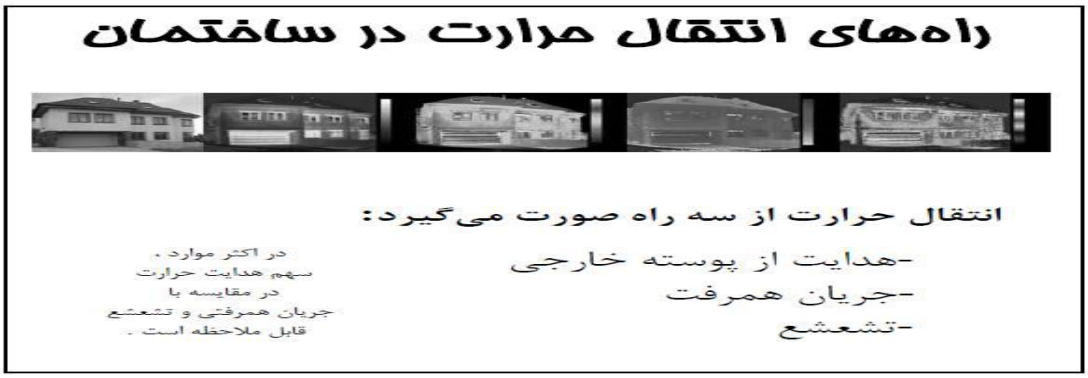
ممیزی پوشش ساختمان

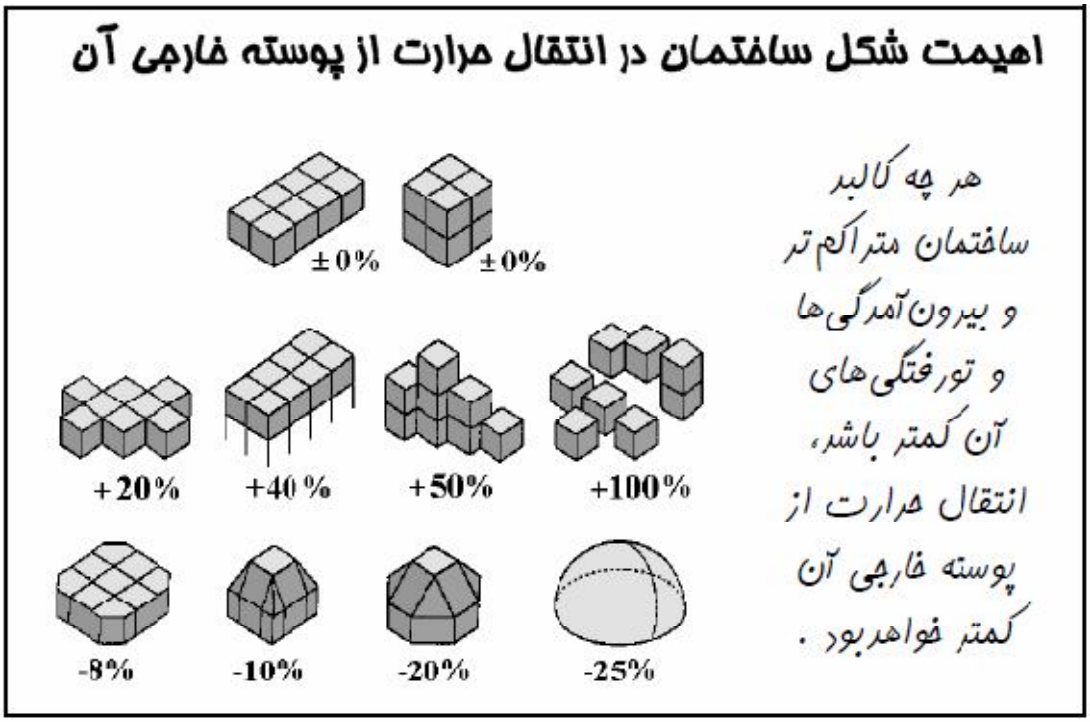
پوشش ساختمان (Building envelope) به آن دسته از عناصری اطلاق می شود که فضاهای تعدیل شده را احاطه می کنند و انرژی حرارتی از طریق آنها می تواند منتقل شود. بهترین زمان برای بهسازی پوشش ساختمان در همان مرحله طراحی اولیه است.

عموماً برای ممیزی پوشش ساختمان باید داده های زیر جمع آوری شود:

مشخصات و مصالح ساختمان

- ✓ جهت گیری ساختمان (Orientation)
- ✓ جهت گیری پوشش های شیشه ای و مناطق تبرید
- ✓ جزئیات ساخت و ساز کف، دیوارها و سقف ساختمان





پوسته ساختمان از دیوارها، سقف و کف تشکیل شده است که جدا کننده شرایط داخل ساختمان از محیط بیرون می باشد برای ایجاد شرایط آسایش داخل لازم است پارامترهای زیر توسط پوسته ساختمان کنترل گردد:

- جریان حرارتی
- جابجایی هوا
- ورود برف و باران
- جابجایی رطوبتی (بخار)
- انرژی خورشیدی
- روشنایی

اتلاف حرارت از طریق اجزای پوسته ساختمان (دیوار، سقف، در یا پنجره) را می توان با معادله ساده زیر محاسبه نمود:

$Q= U\times A\times(T_2-T_1)$

Q = نرخ اتلاف حرارت (W)

U = 1/ R - ضریب انتقال حرارت (W/M2.°C)

(R) مقاومت حرارتی هر یک از اجزا ساختمان (M2.°C /W)

A = مساحت (m2)

T_2 – دمای داخل (°C)

T_1 – دمای بیرون (°C)

دمای داخل برای درها و پنجره ها، میانگین دمای اتاق و برای سقف میانگین دمای سقف است. دمای بیرون همان دمای طراحی تابستان یا زمستان است. قابل ذکر است مقدار Q برای هر یک از اجزا پوسته ساختمان محاسبه می شود و اتلاف حرارت از طریق اجزای پوسته ساختمان مجموع کل اتلاف حرارت هر یک از اجزا (در، دیوار و پنجره) می باشد.

روش برآوردی حدودی از میزان انتقال حرارت محسوس سالانه پوسته

با استفاده از مقادیر روز درجه گرمایش و سرمایش سالانه شهر کسب حرارت محسوس اجزای پوسته ساختمان در اوقات گرم و اتلاف حرارت محسوس اجزای پوسته ساختمان در اوقات سرد از طریق روابط زیر محاسبه می گردد:

$$HLe = \frac{U \times A \times HDD \times 24}{1000}$$

$$HGe = \frac{U \times A \times CDD \times 24}{1000}$$

HLe : اتلاف حرارت هر یک از اجزای پوسته در اثر انتقال حرارت در اوقات سرد سال (KWh)

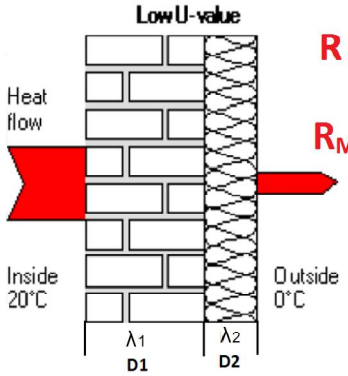
HGe : کسب حرارت هر یک از اجزای پوسته در اثر انتقال حرارت در اوقات گرم سال (KWh)

U : ضریب انتقال حرارت هر یک از اجزای پوسته (W/m2.K)

A : مساحت هر یک از اجزای پوسته (m2)

HDD : روز درجات گرمایش سالانه محل استقرار ساختمان

CDD : روز درجات سرمایش سالانه محل استقرار ساختمان

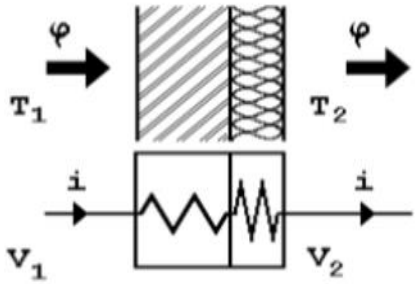


$$R = \frac{D}{\lambda}$$

$$R_M = \frac{D_1}{\lambda_1} + \frac{D_2}{\lambda_2} + \frac{D_3}{\lambda_3} + \cdots$$

$$R_T = \frac{1}{hi} + R_M + \frac{1}{he}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$



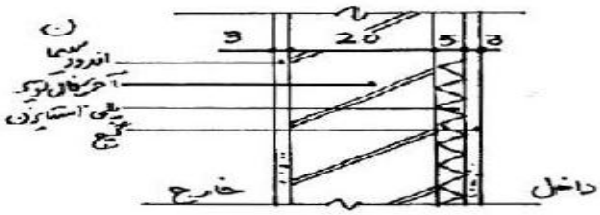
مثال ۱ : مقاومت حرارتی 5cm پلی استایرن:

$R = d / \lambda = 0.05 / 0.047 = 1.063$ (m2k/w) از جدول مبحث ۱۹ $\lambda = 0.047$ (w/mk) $d = 0.05$ (m)

مثال ۲ : مقاومت حرارتی 5cm آهن:

$R = d / \lambda = 0.05 / 72 = 0.0007$ (m2k/w) از جدول مبحث ۱۹ $\lambda = 72$ (w/mk) $d = 0.05$ (m)

محاسبه مقاومت حرارتی یک دیوار خارجی:



R= 0.02 / 0.35 گچ + 0.05 / 0.047 پلی‌استایرن + 0.20 /
1.35 سفال تویر + 0.03 / 1.15 اندودسیمان = 0.057 + 1.063 +
0.148 + 0.026 = R = 1.294 [m²K/W]

تمرین: تلفات گرمایی از دیواری را که طول آن ۳/۵ m و ارتفاع آن ۲/۸ m می باشد محاسبه کنید. در صورتی که اختلاف دمای دو طرف دیوار ۳۰°C و U دیوار ۱/۵ W/M2.°C باشد.

$Q = U \times A \times (T_2 - T_1)$ $\quad T_2 - T_1 = 30°C \quad U = 1.5\ W/M2.°C$

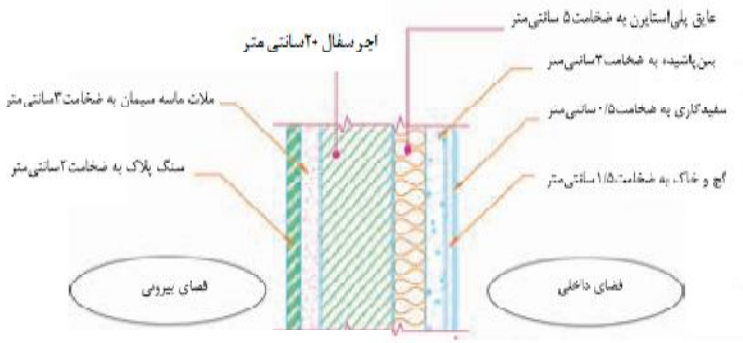
$A = L \times h \quad L = 3.5m \quad h = 2.8m \quad A = 3.5 \times 2.8 = 9.8\ m2$

$Q = 1.5 \times 9.8 \times 30 = 441\ W$

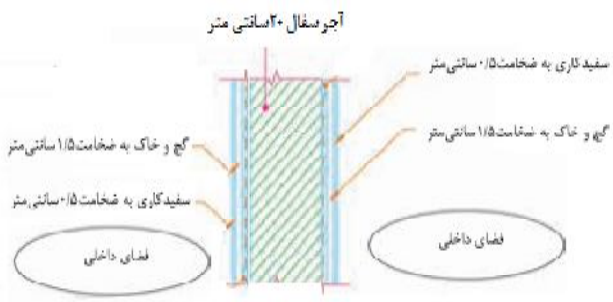
تمرین: با توجه به پلان شکل زیر دیوارهای داخلی و دیوارهای خارجی را در جدول مشخص کنید.

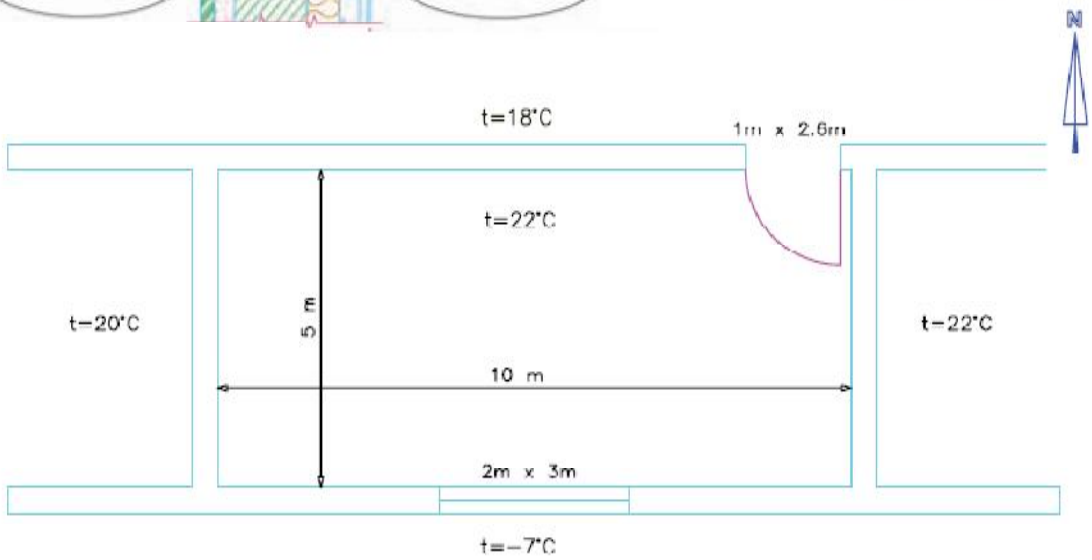
و سپس تلفات حرارتی از هریک از دیوارها را محاسبه نمائید؟

مصالح دیوارهای خارجی:



مصالح دیوارهای داخلی:





تلفات نفوذ و نشت هوا

- منظور از نشت و نفوذ هوا ورود یا خروج هوا از طریق پوسته است. با توجه به این نکته که نفوذ هوا ناخواسته است.
- نفوذ هوا به داخل ساختمان در مواقع زیر روی می دهد:
- هنگامی که هوای گرم بالا می رود هوای سرد از لای درها وارد ساختمان می شود و جای آن را می گیرد. وجود سقف های بلند و نورگیرها و نیز باز بودن دودکش شومینه ها می تواند این پدیده را تشدید کند. نیروی باد سبب می شود که هوا با فشار از لابه لای درزها وارد ساختمان شود. بخاری ها با سوزاندن هوای داخل ساختمان و فرستادن آن از راه دودکش به بیرون، موجب مکیده شدن هوای سرد بیرون به داخل ساختمان می شوند. هواکش ها، کانال های کولر و دریچه های تهویه هوا که گاهی در ساختمان ها نصب می شوند باعث خروج هوای داخل ساختمان میشوند، سپس جای آن را هوایی که از بیرون می آید می گیرد.
- منافذ هوا را درزگیری کنید و هزینه های گرمایش و سرمایش را تا ۲۰٪ کاهش دهید.
- اتلاف حرارتی که در اثر نفوذ از طریق درزهای اطراف در و پنجره صورت می گیرد بوسیله یکی از دو تکنیک روش سطح (area method) یا روش درز (crack method) محاسبه می شود.

۱- اتلاف حرارت از راه نفوذ هوا (Infiltration)

$$Q = 1.232 \times fa \times (T_2 - T_1)$$

Q = نرخ اتلاف حرارت (W)

fa = نرخ جریان نفوذ هوا (L/S)

T_2 = دمای داخل (°C)

T_1 = دمای خارج (°C)

ضریب تبدیل به واحد رایج = 1.232

۲- اتلاف حرارت از راه تعویض هوا:

یک ساختمان درزبندی شده می تواند تنها ۰/۲۵ بار در ساعت تعویض هوا داشته باشد، در صورتی که ممکن است ساختمانی ۲ بار در ساعت نیز تعویض هوا داشته باشد. پس از تعیین میزان تعویض هوا، تبادل حرارت محسوس ناشی از نفوذ هوا از رابطه زیر تعیین می گردد:

$$Q = 0.33\ n.V.\Delta t$$

Q : توان حرارتی تبادل شده در اثر نشت و نفوذ هوا (W)

n : دفعات تعویض هوای ساختمان (بار در ساعت)

V : حجم ساختمان (m3)

Δt : اختلاف دمای مورد نظر در طراحی ($°K$) یا ($°C$)

تعیین میزان نفوذ هوا با استفاده از گاز ردیاب:

در این روش، میزان نفوذ هوا در ساختمان مورد ممیزی، در شرایط آب و هوایی زمان آزمایش تعیین می گردد.

از اطلاعات حاصل از این اندازه گیری ها، برای برآورد اتلاف انرژی از طریق ورود و نفوذ هوا و همچنین تعیین کیفیت هوای داخل استفاده می شود.

مراحل تعیین میزان نفوذ هوا با گاز ردیاب:

تعیین در ارتباط بودن مناطق ساختمان با یکدیگر، بررسی اینکه تمامی فضاها از نقطه نظر نفوذ هوا به یک شکل عمل می کنند. گاز ردیاب باید در تمامی ساختمان یکنواخت باشد، برای این منظور گاز باید به طور کامل در هوا مخلوط شود و گاهی استفاده از دمنده ها برای گردش هوا لازم است.

$$ACH = \frac{\dot{V}}{V_{bldg}} - \frac{1}{t} Ln\left[\frac{Co}{C(t)}\right]$$

$\dot{V}$: حجم هوای نفوذی به ساختمان در مدت زمان t

V_{bldg}: حجم ساختمان یا فضایی که در آن گاز تزریق می شود .

$C(t)$: غلظت گاز شاخص در لحظه t

C_o : غلظت گاز شاخص در زمان t_o

t : زمان نمونه گیری غلظت گاز شاخص

$C_o = 36100\ ppm$

$C(t) = 4600\ ppm$

$t = 1:57 = 1.59\ hr$

$$ACH = \frac{1}{3.35} Ln\left[\frac{36100}{4600}\right] = 1.056$$

Time	CO2 [PPM]	Time	CO2 [PPM]	Time	CO2 [PPM]
15:29:18 PM	36100	17:15:56 PM	9100	17:51:56 PM	6200
15:29:51 PM	34700	17:16:02 PM	9800	17:52:04 PM	6100
15:30:34 PM	32100	17:23:03 PM	7600	18:01:01 PM	6000
15:31:05 PM	30500	17:23:22 PM	7500	18:01:08 PM	6000
15:57:49 PM	12200	17:24:02 PM	7500	18:08:08 PM	5900
15:58:09 PM	11600	17:33:27 PM	7500	18:09:48 PM	5600
15:58:36 PM	12400	17:33:43 PM	6700	18:10:37 PM	5500
17:07:03 PM	9300	17:35:49 PM	5800	18:10:41 PM	5000
17:07:15 PM	9100	17:36:55 PM	6600	18:20:23 PM	4800
17:07:33 PM	9000	17:43:26 PM	6400	18:26:38 PM	4700
17:15:49 PM	9100	17:51:24 PM	6600	18:26:54 PM	4600

ب. روش غلظت ثابت :

در این روش، مقدار گاز ردیاب اندازه گیری می شود و غلظت آن را در طول انجام کار به صورت ثابت نگه داشته می شود. لازم است به صورت مداوم، مقدار گاز به داخل حجم فضا به میزانی تزریق گردد که غلظت اندازه گیری شده آن در هوا ثابت بماند.

$$n = q / (Cs \times V)$$

ج. روش تزریق ثابت :

در این حالت، مقدار ثابتی از گاز تزریق می گردد و غلظت گاز در طول زمان اندازه گیری می شود.

$$n = (q - \exp(-nt) / Cs(t) \times V)$$

n : نرخ تعویض هوا (h/1)

q : جریان گاز ردیاب (m3/h)

t : زمان (h)

Cs : غلظت گاز ردیاب

V : حجم ساختمان (m3)

مزیت این روش:

در شرایط حاکم، نظیر اختلاف فشار و همچنین جریان ها و نشت هوا در قسمت های مختلف ساختمان در زمان اندازه گیری هیچ تغییری صورت نمی گیرد.

ممیزی نفوذ هوا به ساختمان:

ممیزی انرژی سیستم روشنایی

برای انجام ممیزی روشنایی، انجام مراحل زیر ضروری است:

۱. آنچه را دارید ارزیابی کنید

- طبقه بندی فضا، دفتر، انبار، مخازن و غیره.
- مشخصات فضا، ارتفاع، عرض، طول، رنگ و وضعیت سطوح.
- مشخصات قاب ها (fixture)، نوع لامپ، تعداد قابها، شرایط روشنایی، روشهای کنترل، ارتفاع نصب قابها، بالاست و توان لامپ.

۲. ارزیابی سطوح روشنایی و کیفیت روشنایی (Lighting Quality)

- شمع - فوت ها (foot - candle) را با استفاده از نورسنج اندازه گیری کنید.
- انواع روشنایی ها را در اتاق و یا منطقه خلاصه و جمع بندی کنید.
- وجود تابش ها (glare) و ضد نورهای (contrast) اضافی را بررسی کنید.
- با کاربران در مورد سطوح روشنایی، کنترل ها و کیفیت بحث کنید.
- اندازه گیری شمع - فوت را با توصیه IES برای انجام کار مورد نظر، مقایسه کنید.

کاهش مصرف انرژی سیستم نورپردازی:

- کاهش توان مصرفی سیستم نورپردازی (شامل منابع روشنایی مانند لامپ ها و دستگاه های مبدل الکتریکی مانند بالاست)
- کاهش زمان استفاده از سیستم نورپردازی از طریق سیستم های نورپردازی
- کاهش تعداد لامپ ها

فرآیند ممیزی انرژی سیستم نورپردازی:

سه پرسش اساسی:

- چه میزان نورد مورد نیاز است؟
- نور چگونه باید کنترل شود؟
- چگونه می توان روشنایی را به شکل کاراتری تامین نمود؟

مراحل ممیزی انرژی سیستم نورپردازی:

۱. تعیین وضعیت موجود بر پایه بررسی مدارک یا بازدید از ساختمان:

- ثبت خصوصیات تجهیزات نورپردازی (نوع لامپ، وضعیت آنها، روش های کنترل، ارتفاع محل قرارگیری لامپ ها و بالاست)
- طبقه بندی اتاق ها بر اساس فعالیت های متفاوت جاری در آنها (دفاتر، انبار)
- ثبت خصوصیات اتاق ها (ارتفاع، عرض، طول، رنگ و مشخصات سطوح)

۲. ارزیابی تراز روشنایی و کیفیت نورپردازی هنگام بازدید از ساختمان:

- اندازه گیری روشنایی فضا
- ترسیم طرحی از نحوه آرایش انواع لامپ ها در اتاق ها
- کنترل خیرگی و کنتراست بیش از حد
- گفتگو با استفاده کنندگان درباره تراز روشنایی، ساعات استفاده از لامپ ها، کیفیت روشنایی و نحوه کنترل
- مقایسه روشنایی های اندازه گیری شده با مقادیر مندرج شده در مقررات

۳. شناسایی و ارزیابی فرصت های صرفه جویی در مصرف انرژی سیستم های نورپردازی:

- بررسی امکان کاهش تعداد لامپ ها در برخی فضاها
- بررسی امکان جایگزینی لامپ هایی با بهره نوری بالاتر
- بررسی امکان نورپردازی موضعی محل کار
- بررسی امکان تعویض یا خارج نمودن بالاست ها (در صورت نیاز)
- بررسی امکان بهره گیری از انواع کنترل کننده های سیستم نورپردازی
- بررسی امکان بهره گیری از کاهنده های نور
- بررسی امکان بهره گیری بیشتر از نور طبیعی

۴. برآورد مصرف انرژی اولیه سیستم های نورپردازی:

- محاسبه کل توان سیستم های نورپردازی
- محاسبه توان سیستم های نورپردازی در واحد سطح و محاسبه با مقادیر توصیه شده
- برآورد مصرف انرژی سیستم های نورپردازی
- تعیین سهم مصرف انرژی سیستم نورپردازی از کل مصرف انرژی ساختمان

۵. محاسبه صرفه جوئی انرژی حاصل از انجام اقدامات بهینه سازی منتخب:

- تعیین مجموع توان سیستم های نورپردازی پس از اقدامات بهینه سازی
- تعیین تغییرات در ساعات عملکرد سالانه در صورت تغییر کنترل نورپردازی
- محاسبه صرفه جویی انرژی سیستم های نورپردازی
- محاسبه کاهش هزینه انرژی سیستم های نورپردازی

میزان روشنایی ساختمان و مقایسه با شرایط مرجع:

$$RI = \frac{(L \times W)}{H \times (L+W)}$$

H : ارتفاع روشنایی تا سطح کار

L و W : طول و عرض اتاق

تعداد نقاط اندازه گیری بر اساس RI محاسبه شده طبق جدول زیر می باشد:

حداقل نقاط	RI
۹	کمتر از ۱
۱۶	بین ۱ و ۲
۲۵	بین ۲ و ۳
۳۶	بزرگتر از ۳

فاصله نقاط اندازه گیری تا دیوار نصف فاصله نقاط اندازه گیری از یکدیگر در هر امتداد در نظر گرفته می شود.

- ❖ تعیین ضریب نور روز با تقسیم شدت روشنایی سطوح افقی داخلی به شدت روشنایی سطوح افقی خارجی. (برای دستیابی به ضریب نور دقیق، باید اندازه گیری روشنایی های داخلی و خارجی همزمان صورت گیرد.)
- ❖ مشخص نمودن میزان نورپردازی و سطح روشنایی مورد نیاز روی نمودار را بر اساس مصرف واقعی یا برآورد شده انرژی سیستم های نورپردازی ساختمان مشخص کرد.
- ❖ درنظر گرفتن هزینه های مربوط به افزایش انرژی گرمایی و کاهش انرژی سرمایی ناشی از کاهش بار.
- ❖ سیستم های نورپردازی در صورت کاربرد سایبان یا پرده، هزینه های مربوط به آنها بر اساس ضریب نور روز اندازه گیری شده و برآوردهای مصرف انرژی باید در نظر گرفته شود.

هر شمع - فوت برابر با روشنایی روی سطحی به اندازه یک فوت مربع است که در آن جریان یکنواخت یک لومن (Lumen) پخش شده است. روش لومن از روی این تعریف توسعه داده شده و توسط فرمول زیر نشان داده شده است:

$$N = \frac{F1 \times A}{Lu \times L1 \times L2 \times Cu}$$

N : تعداد لامپ مورد نیاز

F1 : سطح شمع – فوت مورد نیاز برای کار (واحد اندازه گیری روشنایی)

A : مساحت اتاق بر حسب فوت مربع

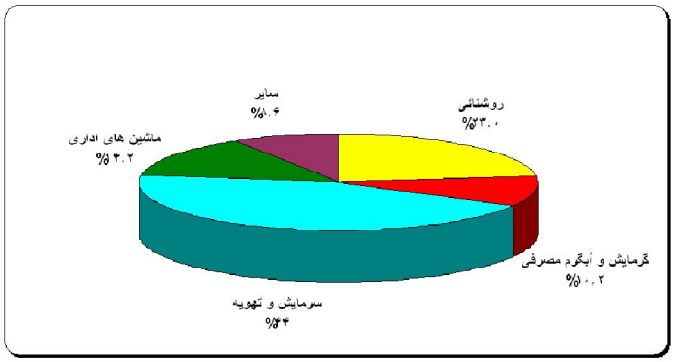
Lu : لومن خارجی برای هر لامپ (واحد اندازه گیری شدت نور لامپ)

L1 : ضریب استهلاک لامپ

L2 : ضریب استهلاک خاک گرفتگی

Cu : ضریب بهره برداری

نمودار مصرف انرژی الکتریکی ساختمان اداری (کل سال)



پردازش اطلاعات اندازه گیری شده و تعیین اتلافات انرژی

- محاسبات بار گرمایشی ساختمان Heating Load
- محاسبات بار سرمایشی ساختمان Cooling Load

محاسبات بار گرمایشی ساختمان Heating Load

منابع کسب حرارت در ساختمان

- کسب حرارت مستقیم از خورشید (دریافت پرتو مستقیم و پراکنده از جدارهای نورگذر)
- کسب حرارت غیر مستقیم از خورشید، از طریق جدارهای کدر
- کسب حرارت از طریق انتقال حرارت از پوسته به علت اختلاف دمای هوای خارج و داخل
- کسب حرارت از طریق نفوذ هوا و تهویه در صورت بالاتر بودن دمای هوای خارج نسبت به داخل
- کسب حرارت داخلی (ساکنان، وسایل و سیستم های روشنایی)

به عنوان مثال در ساختمان های اداری با توجه به تعداد زیاد افراد و تجهیزات اداری و نسبت زیاد عمق فضا به بدنه ها، کسب حرارت داخلی سهم قابل توجهی را به خود اختصاص می دهد و رفتار حرارتی ساختمان بیشتر تحت تاثیر رفتار کارکنان و بهره برداران قرار می گیرد.

اجزای شفاف و نیمه شفاف پوسته ساختمان:

جدارهای نورگذر و بطور معمول جدارهای شفاف و نیمه شفاف ضریب انتقال حرارت بیشتری نسبت به اجزای کدر پوسته ساختمان دارند و از نقاط ضعف عمده در انتقال حرارت به حساب می آیند.

مشخصات حرارتی یک جدار شفاف یا نیمه شفاف:

- ضریب انتقال حرارت
- ضریب کسب حرارت خورشیدی
- انتقال طیف مریی

ضریب انتقال حرارت جدارهای نورگذر

- انتقال حرارت ناشی از اختلاف دمای هوای دو سمت جدارهای نورگذر نیز مانند جدارهای کدر، با استفاده از ضریب انتقال حرارت تعیین می شود. (تعیین انتقال حرارت جدارهای نورگذر به سبب مسایلی مانند تفاوت جریان حرارت در مرکز و گوشه شیشه ها و گازهای مورد استفاده و اثر انواع پوشش ها، پیچیده تر است.
- ضریب انتقال حرارت جدارهای نورگذر بر اساس مقادیر مندرج در مراجع معتبر (مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان) تعیین و یا با استفاده از نرم افزارهایی نظیر LBNL Window مشخص می شود.

ضریب کسب حرارت خورشیدی:

- ضریب کسب حرارت خورشیدی بیانگر درصدی از پرتو خورشید تابیده شده در کل طیف به پنجره است که با عبور از پنجره وارد ساختمان می شود. (این ضریب بین ۰ تا ۱ می تواند تغییر کند) $0 < X < 1$
- ضریب صفر: پنجره ای است که به طور کامل در برابر ورود پرتوهای خورشید مقاومت می کند.
- ضریب یک: پنجره ای است که در برابر تابش خورشید هیچ مقاومتی از خود نشان نمی دهد.
- در پنجره های واقعی، ضریب کسب حرارت خورشیدی به طور معمول از ۰/۲ تا ۰/۹ است.

محاسبات بار سرمایشی ساختمان Colling Load

- بار برودتی: نرخ گرمایی است که باید از محیط خارج شود تا دما و رطوبت محیط حفظ شود. دمای هوای بیرون، رطوبت، تعداد افراد در محل از جمله پارامترهایی است که در محاسبات بار سرمایی تاثیر دارند.
- در محاسبه بار بیشتر از پارامترها و روش های تعیین شده در استاندارد ASHRAE استفاده می شود. شرایط طراحی در استاندارد ASHRAE بر اساس حداکثر دمای خشک و تر تعیین می شود. اگرچه پارامترهای دیگری از جمله بار روشنایی و سایر وسایل برقی گرمازا و افراد نیز تاثیر زیادی در بار سرمایی دارد.

تخمین صرفه جویی، برآورد اقتصادی و تعیین بازگشت سرمایه

کلیه محاسبات جهت تخمین و برآورد میزان صرفه جویی و همچنین تعیین مدت بازگشت سرمایه با اعمال ضرایب مربوط به راهکارها انجام گردیده و میزان تلفات و میزان انرژی مصرفی در شرایط اعمال راهکارها تعیین و از حالت قبل (فعلی) کسر می گردد تا میزان صرفه جویی انرژی در اثر اعمال راهکارها تعیین گردد.

صرفه جویی انرژی با پنجره دو جداره

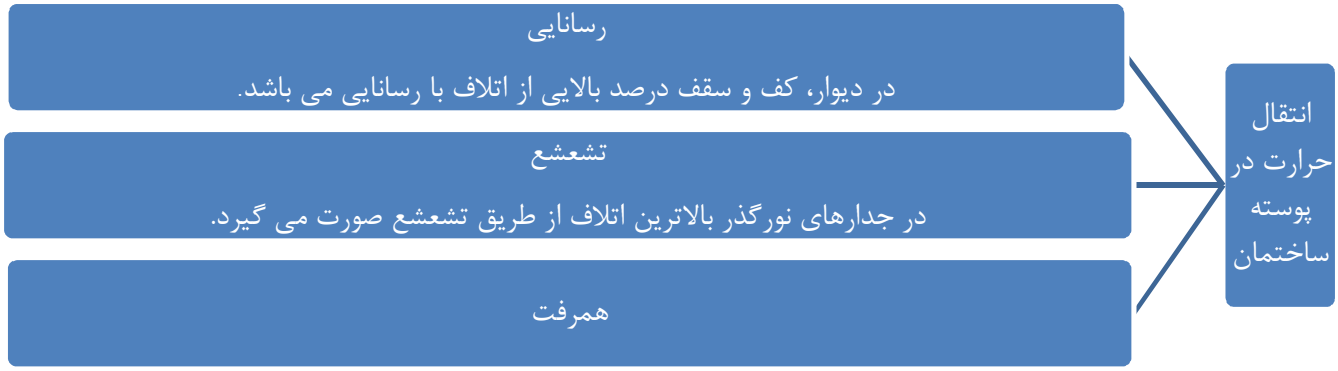
- ۳۰٪ از کل تلفات حرارتی ساختمان از پنجره ها صورت می گیرد.
- یک پنجره با شیشه تک جداره تقریباً ۱۰ برابر یک دیوار عایقکاری شده هم اندازه خود تلفات حرارتی دارد.
- مشکلات عمده:
  - ✓ بالا بودن تلفات حرارت
  - ✓ فراهم نشدن آسایش ساکنین
  - ✓ بخار گرفتن پنجره ها برای کاستن

نوع پنجره	ضخامت شیشه mm	نوع عایق	ضخامت عایق	ضریبی انتقال حرارت
آلومینیومی با شیشه تک جداره	۴	-	-	۵/۸
یو پی وی سی با شیشه دو جداره	۴ - ۶	هوای خشک	۱۰	۱/۸
یو پی وی سی با شیشه دو جداره	۴ - ۶	آرگون	۱۰	۱/۴

کمیت	نماد	مقدار
مقدار صرفه جویی شده در مصرف سوخت	Q	؟
اختلاف ضرایب انتقال حرارت	ΔK	۵/۸ – ۱/۴ = ۴/۴ w/m2k
مساحت پنجره	A	۲۰۰ m2
اختلاف دمای بیرون و داخل	ΔT	۱۵ °C
بازه زمانی مورد محاسبه	D	۱۸۰ × ۲۰ × ۳۶۰۰ /۱۰۰۰ = ۱۲۹۶۰
بازدهی سیستم حرارتی	η	۰/۷
ارزش حرارتی سوخت مورد استفاده	P	۳۵۰۰۰ Kj/m3

$$Q = \frac{4.4 \times 200 \times 15 \times 12960}{0.7 \times 35000} = 7000 \text{ m3}$$

انتقال حرارت در پوسته ساختمان



بهبود و بهینه سازی پوسته ساختمان

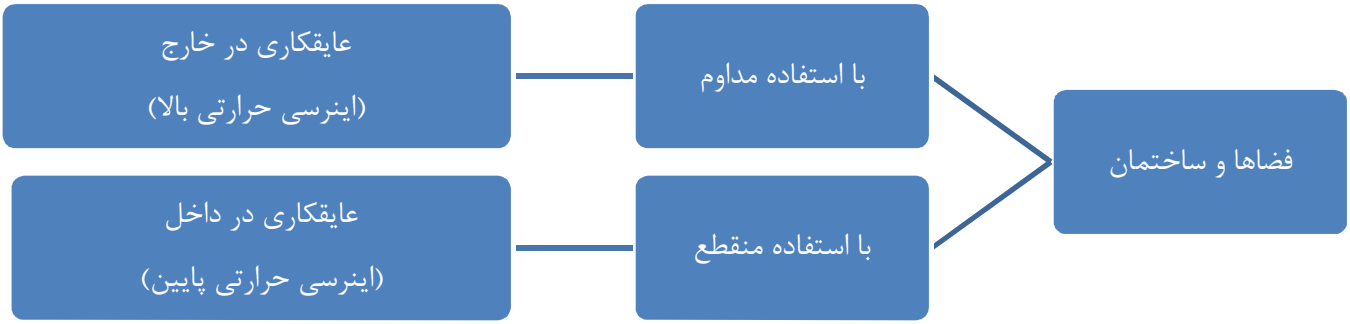
پوسته ساختمان شامل کلیه سطوح پیرامونی ساختمان می باشد که با فضای خارج در ارتباط است. پوسته ساختمان شامل دیوار، سقف، کف، در، سطوح نورگذر و ... می باشد.

پارامترهای موثر در افزایش بار از طریق پوسته ساختمان

۱. انتقال حرارت پوسته
۲. تلفات ناشی از نشت یا نفوذ هوا
۳. تابش خورشید بر پوسته ساختمان

عایقکاری ساختمان

عایقکاری کاراترین تکنیک به منظور استفاده هوشمندانه انرژی است. یک منزل عایقکاری شده، در زمستان دما را ۵ درجه گرمتر و در تابستان ۱۰ درجه خنکتر نگه می دارد. تمام سقف ها، دیوارها و کف منزلتان را عایق بندی نمایید.



گزارش ممیزی

- روال کلی فعالیت های ممیزی، عبارت است از تعیین کل مصارف انرژی و هزینه های آن، تعیین سیستم های انرژی، ارزیابی شرایط سیستم ها، تحلیل تاثیر اقدامات بهسازی بر آن سیستم ها، و نوشتن گزارش ممیزی انرژی.
- این گزارش باید شرایط فعلی ساختمان را از لحاظ پوشش، تجهیزات، روشنایی و وضعیت تصرف، شرح دهد و در ادامه راهکارهایی برای بهبود بازده از طریق اصلاح و بهسازی در بخش های بهره برداری و نگهداری، O&M ها و از طریق اقدامات بهینه سازی انرژی، CEMها پیشنهاد کند.
- در ادامه اجزای اصلی گزارشی که به خوبی سازماندهی شده به اجمال بررسی می شود:

۱. خلاصه اجرایی :

خلاصه اجرایی باید ساده، صریح و مربوط به توضیح شرایط فعلی، راهکارهای توصیه شده، و مزایای انجام هر یک از آنها باشد. در این بخش مقدمه مختصری در مورد ساختمان بگنجانید و هدف ممیزی و نتایج کلی حاصل از آن را شرح دهید. یک مدیر اجرایی ممکن است تنها همین مقدمه یک یا دو صفحه ای را بخواند، پس مطمئن شوید که در آن، اقدامات مشخصی را که می خواهید انجام گیرد، به صراحت بیان کرده اید.

۲. اطلاعات ساختمان :

این بخش تاریخچه ای در مورد ساختمان، کاربری، سیستم های مکانیکی، و نمایه بهره برداری از آن را ارایه می دهد. باید توصیفی از پوشش ساختمان، قدمت و تاریخچه ساخت آن، برنامه زمانی بهره برداری از آن، تعداد کارکنان و الگوهای تصرف، و بحثی در مورد برنامه بهره برداری و نگهداری از آن گنجانده شود.

۳. خلاصه ساختمان :

در این بخش، اطلاعات حسابداری انرژی مربوط به یک یا دو سال آخر گنجانده می شود. چارت ها و نمودارهایی که برای تجزیه و تحلیل تهیه شدند و به آسانی قابل درک هستند و الگوهای کلی مصرف ساختمان را نشان می دهند، به این بخش پیوست کنید.

۴. اقداماتی برای بهینه سازی انرژی ECM ها :

این بخش را با فهرست خلاصه ای از اقدامات بهینه سازی انرژی آغاز کنید که ضوابط مالی وضع شده توسط مالک یا مدیر ساختمان را محقق می کند. برای هر اقدام، نان، هزینه تخمینی و بازگشت سرمایه آن را در یک جدول خلاصه بگنجانید و به دنبال هر جدول، توضیح یک یا دو صفحه ای برای اقدام بهینه سازی انرژی و محاسبات پشتیبان آن اضافه نمایید.

۵. اقدامات بهره برداری و نگهداری (O&M) :

این بخش به مسائل بهره برداری و نگهداری اختصاص می یابد که در حین بازدید از محل مشاهده شده اند. موارد و نکات کم هزینه مربوط به بهره برداری و نگهداری که باید مورد توجه قرار گیرند، در این بخش مطرح می شوند.

۶. پیوست ها

روشها و تجهیزات

اندازه گیری انرژی

هدف از اندازه گیری

اولین گام در مدیریت مصرف انرژی، شناخت کامل سیستم های مورد نظر از نقطه نظر مصرف انرژی با هدف شناسایی زمینه هایی است که امکان صرفه جویی در آنها وجود دارد بی آنکه خللی در فرآیند تولید وارد آید.

- دسترسی مقداری به وضعیت موجود در مقایسه آن با مقادیر استاندارد
- تصویر دقیق از مصارف انرژی
- شناسایی تجهیزات با مصرف انرژی بالا
- شناسایی گلوگاه های مصرف جهت اجرای راهکارهای صرفه جویی

نکات مورد توجه در ممیزی انرژی

۱. منطقی کردن مقدار سوخت و احتراق
۲. منطقی کردن گرمایش و سرمایش و انتقال گرما
۳. جلوگیری کردن از تلفات گرما به صورت تشعشع و هدایت
۴. بازیافت گرمای تلف شده و استفاده مجدد از آن
۵. منطقی کردن تبدیل گرما به برق
۶. جلوگیری کردن از تلفات انرژی به خاطر مقاومت اهمی
۷. منطقی کردن تبدیل الکتریسیته به توان و گرما

دستگاههای اندازه گیری

دستگاههای اندازه گیری به دو دسته کلی تقسیم می شوند:

- **دستگاه های اندازه گیری ثابت**

بر روی تجهیزات مصرف کننده به صورت ثابت نصب شده و نتایج به صورت مکانیکی و یا دیجیتال بر روی صفحه نمایش مشخص می گردد، که در بعضی از دستگاه ها، ارسال اطلاعات به شبکه امکان پذیر می باشد.

- **دستگاههای اندازه گیری قابل حمل**

این دستگاهها قابلیت جابجایی و نصب بر روی تجهیزات مختلف را داشته و اطلاعات بر روی حافظه آن ذخیره می شود.

مزیت های استفاده از دستگاههای اندازه گیری قابل حمل

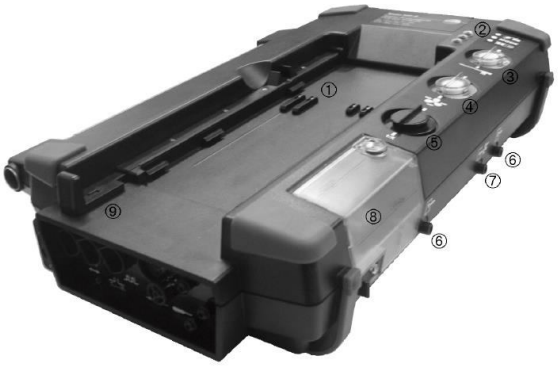
- قابلیت نصب در نقاط مختلف و به طور موقت
- داشتن دقت لازم در سنجش مقادیر اندازه گیری شده
- امکان گزارش گیری از کمیات اندازه گیری شده
- امکان کنترل ضریب اطمینان مقادیر اندازه گیری شده
- امکان سنجش کمیت های الکتریکی در محدوده زمانی معین
- سهولت نصب در خط تولید و راه اندازی
- عدم ایجاد اخلال در خط تولید

انواع تجهیزات اندازه گیری حرارتی معمول در مدیریت انرژی

- دستگاه آنالیزور احتراق
- دستگاه دبی سنج آلتراسونیک
- دماسنج مادون قرمز
- جمع کننده داده ها (Data logger 454)
- فشارسنج دیجیتال
- ترموویژن

دستگاه آنالیزور احتراق

یک تحلیلگر احتراق می باشد که دارای بازه اندازه گیری وسیعی برای کنترل فرآیندها درکوره های صنعتی و دیگهای بخـار و حتـی درزمینه تعمیرات ونگهداری آنها می باشد. و می تواند مقدار دقیق NO2,No,Co,Co2,So2 و درصد هوای اضافی را نشان بدهد.



موارد کاربرد:

- ✓ دیگ های بخار و کوره های صنعتی
- ✓ تنظیم مشعل های صنعتی و خانگی
- ✓ ممیزی زیست محیطی
- ✓ تعیین فشار و سرعت گازهای خروجی

Excess air coefficient and energy loss ratio

Excess Air Coefficient	Exhaust Oxygen, O2 (%)	Energy Loss Ratio, Exhaust Gas (%)
1.1	1.9	9.4
1.2	3.5	10.3
1.3	4.8	11.1
1.4	6.0	12.0
1.6	7.9	13.7

(In the case of heavy oil combustion at exhaust gas temperature of 250 °C and atmospheric temperature of 20 °C)

دستگاه دماسنج مادون قرمز

یکی از کاربردهای متداول این ابزار جهت استفاده در فرآیندهای دما بالا (صنایع فولاد) و بهینه کردن دمای ماکزیمم که از نزدیک و به راحتی قابل اندازه گیری نباشد بسیار سودمند خواهد بود.

کاربرد عمده آنها، برای نظارت، تعمیرات و نگهداری و بازرسی های ماهانه در صنایع مختلف به منظور تعیین دمای مورد نظر است.

دماسنج مادون قرمز دما پایین

دماسنج مادون قرمز دما بالا

جمع کننده داده ها (Data logger 454)

جهت اندازه گیری و ذخیره پارامترهایی از قبیل درجه حرارت، رطوبت نسبی، سرعت سیال، فشار و افت فشار بکار می رود.

دستگاه دبی سنج آلتراسونیک

این دستگاه جهت اندازه گیری موقت دبی سیالات نیوتونی (آب، سوخت های مایع و ...) می باشد.

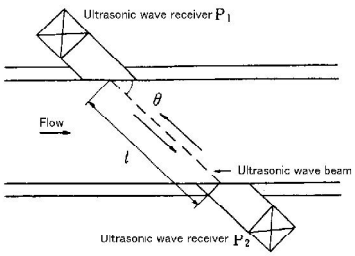
کاربرد:

- ✦ قابل استفاده برای انواع لوله های مختلف
- ✦ قابل استفاده برای انواع سیالات نیوتونی

مزایا:

- اندازه گیری دبی سیالات بدون هیچ گونه تداخل در مسیر جریان مایعات
- اندازه گیری بدون توقف فرآیند
- نصب آسان و سریع جهت اندازه گیری
- قابلیت اندازه گیری بدون نیاز به دانستن فشار مایعات
- دامنه وسیع (۰/۰۰۱m/s -۹۹m/s)

اندازه گیری دبی با مافوق صوت



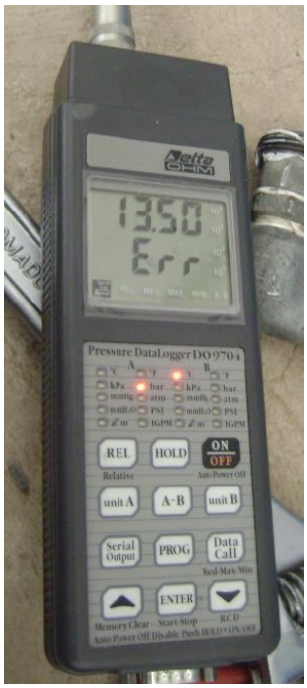
The difference in the time of reach in an ultrasonic flow meter

دستگاه فشارسنج

این دستگاه جهت اندازه گیری فشار سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی (آب، سوخت های مایع، هوا و ...) می باشد.

کاربرد:

- قابل استفاده برای انواع لوله های مختلف
- قابل استفاده برای انواع سیالات نیوتونی و غیرنیوتنی



مراحل اندازه گیری انرژی الکتریکی

۱. اندازه گیری انرژی مصرفی کلی به کمک دستگاههای اندازه گیری اصلی با هدف تعیین مصرف ماهانه برق
۲. اندازه گیری انرژی مصرفی در واحدهای مختلف کارخانه sub metering با هدف تعیین مقدار مصرف در واحدهای فرعی و کنترل صحت عملکرد دستگاههای اندازه گیری اصلی
۳. اندازه گیری کمیت های خاص بهره برداری با هدف کاهش مصرف انرژی و بهبود بازده نظیر سنجش جریان الکتریکی یک موتور و مقایسه با جریان بار کامل موتور

دو وجه عمده در اندازه گیری انرژی الکتریکی

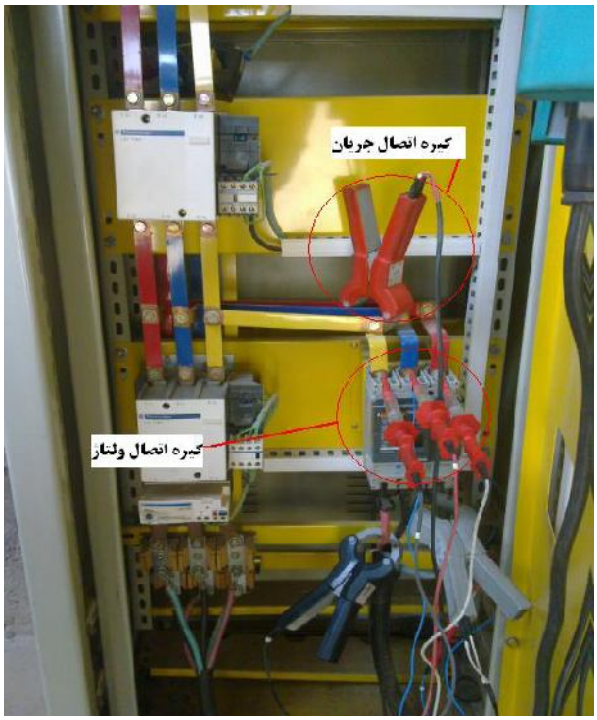
۱. اندازه گیری میزان مصرف انرژی از طریق صورت حساب ماهانه برق با هدف تعیین سهم انرژی در قیمت تمام شده کالا
۲. اندازه گیری میزان بازده انرژی شامل اندازه گیری بازده تجهیزات نظیر موتورهای الکتریکی و ترانسفورماتورها با هدف تخمین پتانسیل صرفه جویی انرژی

کمیت های الکتریکی مهم قابل اندازه گیری

۱. مقدار موثر جریان الکتریکی
۲. مقدار موثر ولتاژ الکتریکی
۳. مقدار متوسط توان الکتریکی بر حسب وات و یا کیلووات
۴. مقدار توان راکتیو بر حسب وار و یا کیلووار
۵. مقدار توان ظاهری بر حسب ولت آمپر و یا کیلوولت آمپر
۶. مقدار فرکانس
۷. مقدار ضریب قدرت
۸. مقدار ضریب بار

دستگاه آنالیزور برق

جهت اندازه گیری و ذخیره کلیه پارامترهای الکتریکی از جمله توان اکتیو، توان راکتیو، توان ظاهری، جریان هر فاز، ولتاژ هر فاز، ضریب توان از این دستگاه استفاده می شود.



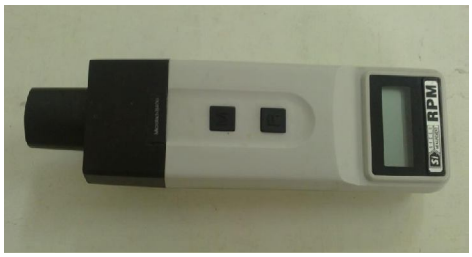
دستگاه آنالیزور برق لحظه ای

جهت اندازه گیری کلیه پارامترهای الکتریکی از جمله توان اکتیو، توان راکتیو، توان ظاهری، جریان هر فاز، ولتاژ هر فاز، ضریب توان به صورت لحظه ای، از این دستگاه استفاده می شود.

دورسنج

برای اندازه گیری تعداد دور اجسام دوار استفاده می شود و در دو نوع تماسی و غیر تماسی می باشد.

دورسنج تماسی



دورسنج غیرتماسی

بهینه سازی مصرف انرژی

در تاسیسات ساختمان

مجموعه روش های متداول جهت بهینه سازی مصرف انرژی در تاسیسات ساختمان

- بهینه سازی مصرف انرژی در پمپها
- بهینه سازی مصرف انرژی در بویلرهای آب گرم و بخار
- بهینه سازی مصرف انرژی در فنها
- بهینه سازی مصرف انرژی در چیلرها
- بهینه سازی مصرف انرژی در برجهای خنک کن
- استفاده از سیستم های مدیریت انرژی موتورخانه

۱. استفاده از پمپ های دور متغیر

به جای شیرهای کنترلی سه راهی جهت کنترل ظرفیت کویلها، می توان از پمپ های دور متغیر استفاده کرد.

$$\frac{Q1}{Q2}=\frac{(n1)^1}{(n2)^1} \qquad \frac{H1}{H2}=\frac{(n1)^2}{(n2)^2} \qquad \frac{P1}{P2}=\frac{(n1)^3}{(n2)^3}$$

n : دور موتور Q : دبی پمپ H : هد پمپ P : انرژی مصرفی پمپ

۲. افزایش راندمان بویلرها

الف - کنترل تلفات گازهای خروجی از دودکش:

۱. کنترل نسبت هوا به سوخت:

هوای اضافه بیش از حد مجاز = افزایش تلفات گازهای خروجی = افزایش هزینه

هوای اضافه کمتر از حد مجاز = افزایش درصد سوخت محترق نشده = کاهش راندمان + دود

میزان هوای اضافه برای بویلرهای کوچک با سوخت گازی یا مایع = ۱۵٪

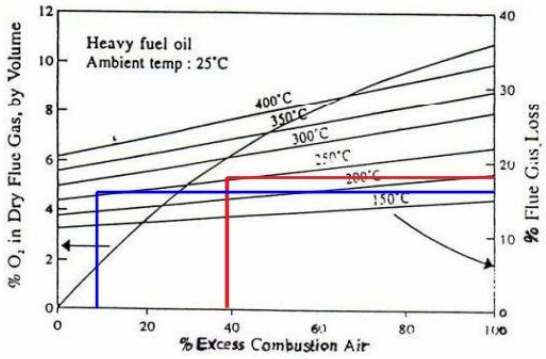
میزان هوای اضافه برای بویلرهای بزرگ با سوخت گازی یا مایع = ۱۰٪ - ۵٪

میزان هوای اضافه برای سوخت جامد = ۵۰٪ - ۱۰٪

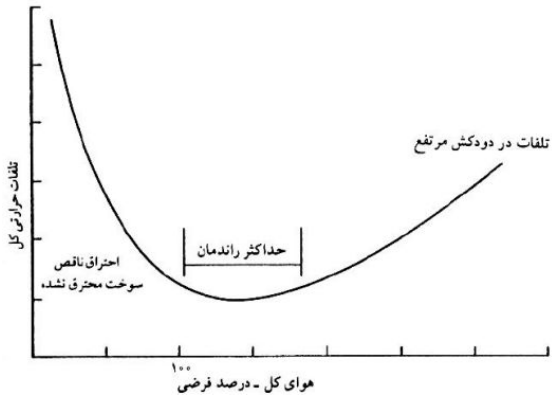
مثال:

درصد هوای اضافی = ۴۰٪ دمای دودکش = ۲۵۰ تلفات دودکش = ۱۸٪

درصد هوای اضافی = ۱۰٪ دمای دودکش = ۲۵۰ تلفات دودکش = ۱۶٪



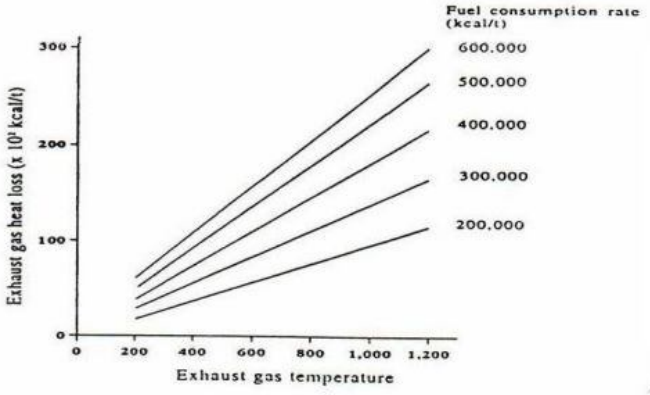
نمودار ۱- تلفات گازهای خروجی بر اساس درصد هوای اضافی



۲. کنترل دمای گازهای خروجی:

دمای نرمال گازهای خروجی = دمای شبنم + ۲۰ درجه سانتی گراد

دمای شبنم = ۱۷۵- ۱۳۰ درجه فارنهایت



تلفات دودکش در سوخت‌های مختلف

سوخت	تلفات
زغال سنگ	۱۰
نفت کوره	۱۰/۲
متان	۱۳/۹
گاز طبیعی	۱۳/۴

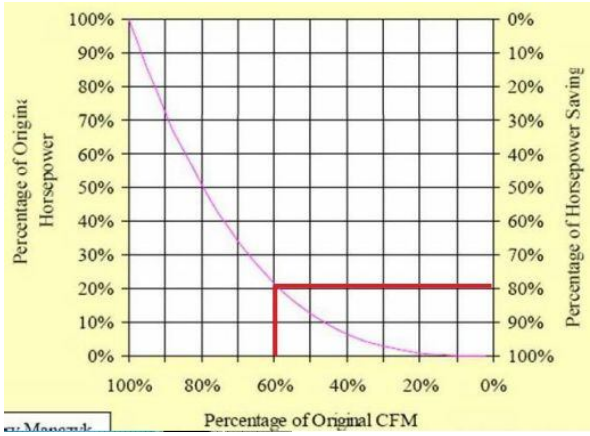
جدول زیر میزان تلفات دودکش را بر حسب CO_2 و دمای گازهای خروجی نشان می دهد.

	دمای گازهای خروجی		
درصد CO_2 در گازهای خشک	۱۰۰°C	۲۰۰°C	۳۰۰°C
٪۱۰	۴	۹/۴	۱۴/۹
٪۱۲	۳/۳	۷/۹	۱۲/۶
٪۱۴	۲/۹	۶/۸	۱۰/۹

ب- تلفات تابشی و جابجایی:

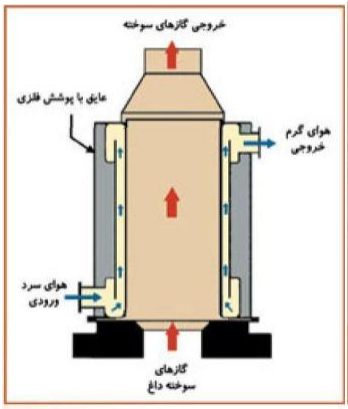
این تلفات برای بویلرهای مدرن بسیار پایین و حدود ۲- ۱ درصد در ماکزیمم ظرفیت حرارتی می باشد ولی برای بویلرهای قدیمی تا ۱۰٪ هم می رسد. که محاسبه این تلفات و اندازه گیری آن بسیار مشکل می باشد و معمولاً به طریق انرژی بالانس بدست می آید و در بار کامل این تلفات کاهش می یابد.

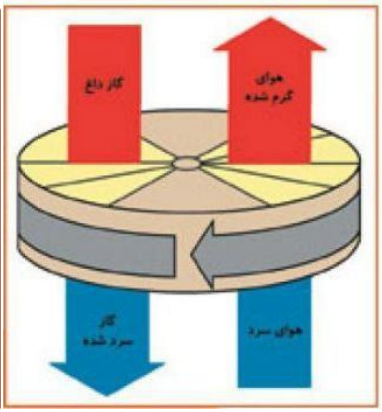
پ - استفاده از سیستم کنترل دور متغیر برای فن های بویلر:

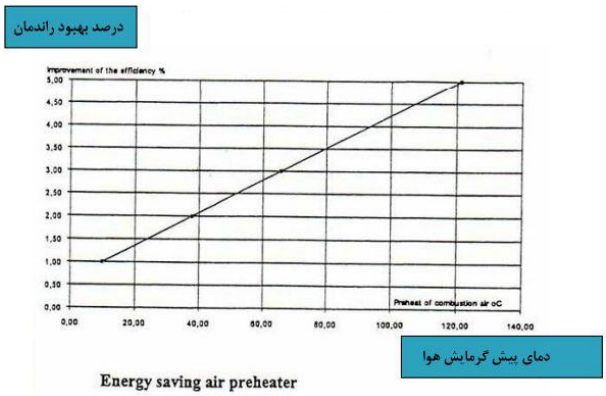


ت - پیش گرمایش هوای احتراق:

به ازای هر ۲۵ درجه سانتی گراد افزایش دمای هوای احتراق، راندمان بویلر حدود ۱٪ افزایش می یابد.

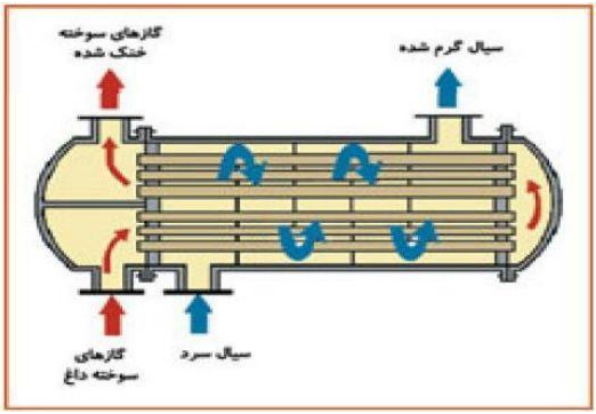


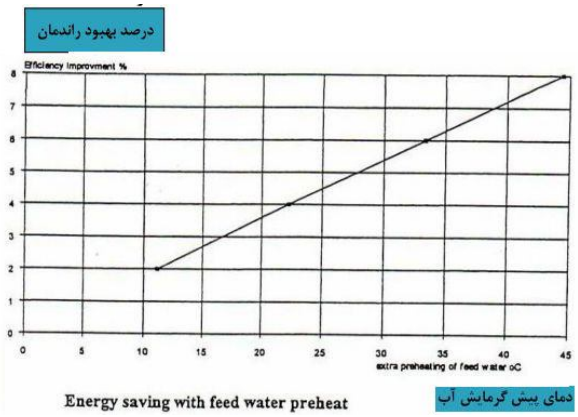




ث- پیش گرمایش آب تغذیه با اکونومایزر:

به ازای هر ۶ درجه سانتی گراد افزایش دمای آب تغذیه، مصرف سوخت بویلر حدود ۱٪ کاهش می یابد.





۳. استفاده از فن های دور متغیر در هواسازها و هواکش ها

محاسبه راندمان فن ها و قوانین تشابه در فن ها:

Best Efficiency Point. Fan efficiency is the ratio of the power imparted to the airstream to the power delivered by the motor. The power of the airflow is the product of the pressure and the flow, corrected for units consistency. The equation for total efficiency is:

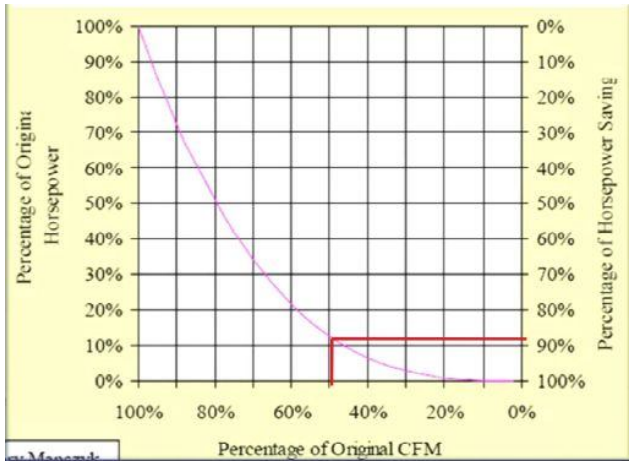
$$\text{Total Efficiency} = \frac{Total\ Pressure \times Airflow}{bhp \times 6{,}362}$$

Where: Total Pressure is in inches of water
Airflow is in cubic feet per minute (cfm)
bhp is break hoursepower

$$\text{Airflow}_{\text{final}} = \text{Airflow}_{\text{initial}} \left(\frac{RPM\ final}{RPM\ initial}\right)$$

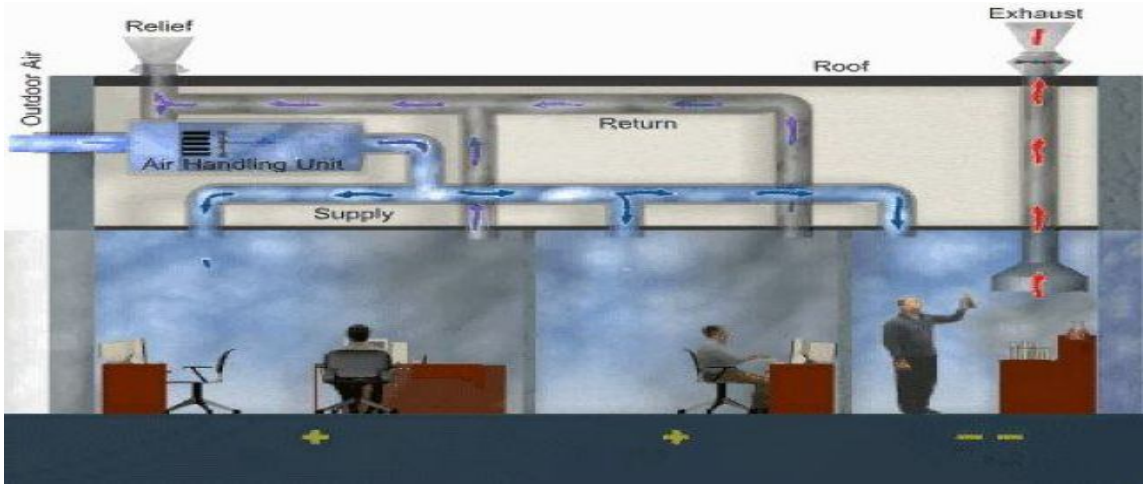
$$\text{Pressure}_{\text{final}} = \text{Pressure}_{\text{initial}} \left(\frac{RPM\ final}{RPM\ initial}\right)^2$$

$$\text{Power}_{\text{final}} = \text{Power}_{\text{initial}} \left(\frac{RPM\ final}{RPM\ initial}\right)^3$$



۳- ۱- آشنایی با انواع هواسازها:

هواسازها دستگاههایی هستند که سرمایش، گرمایش، تهویه مطبوع و کنترل رطوبت و فشار داخل ساختمان را به صورت مرکزی انجام می دهند.



انواع هواسازها از نظر روش کنترل ظرفیت در بارهای جزئی:

۱. هواسازهای حجم ثابت (CAV: Constant Air Volume)

در این هواسازها حجم هوای خروجی هواساز همواره ثابت و تغییرات بار با تغییر دمای هوا توسط سیستم کنترل ظرفیت کویلها انجام می شود.

۲. هواسازهای حجم متغیر (VAV: Variable Air Volume)

در این هواسازها دمای هوای خروجی هواساز همواره ثابت و حجم هوای خروجی هواساز متغیر است. بنابراین تغییرات بار با تغییر حجم هوا توسط دمپرهای موتوری هر منطقه (Zone) انجام می شود.

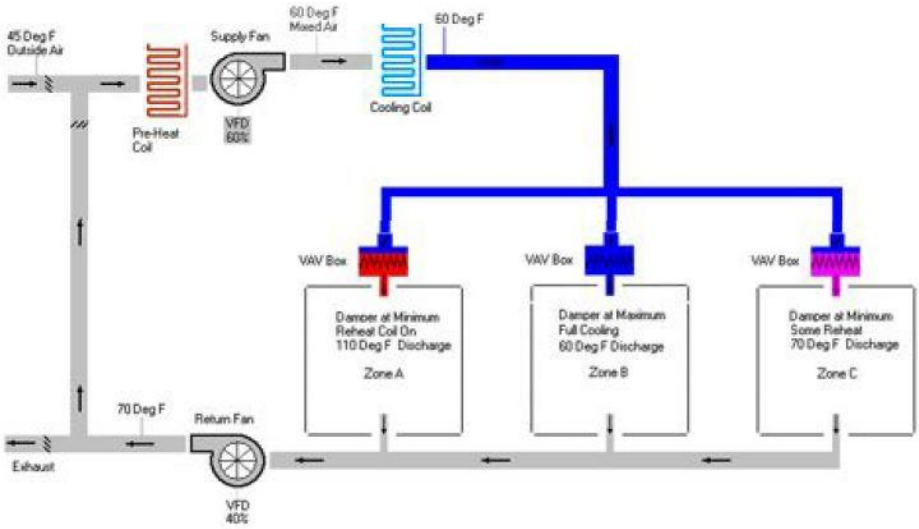
۳. هواسازهای حجم و دمای متغیر (VVT: Variable Volume & Temp)

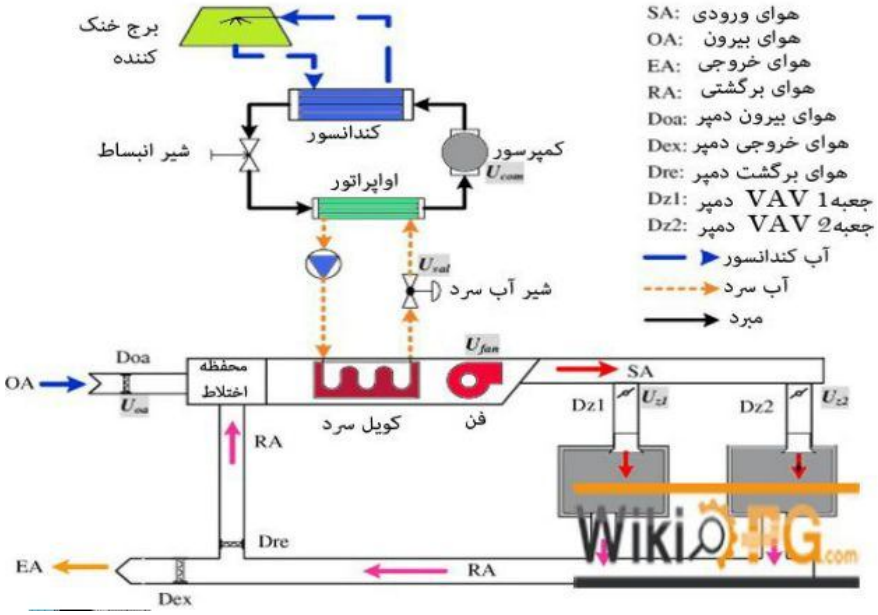
۳-۲- آشنایی با هواسازهای حجم متغیر (VAV AHUs):

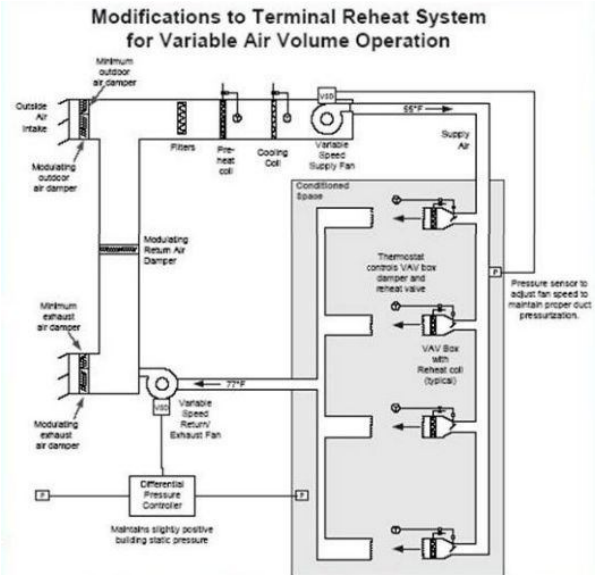
در این سیستم ها جهت جبران بارهای حرارتی و برودتی فضای مورد نظر، حجم هوای ورودی به آن فضا برخلاف سیستمهای حجم ثابت، متغیر و درجه حرارت هوای ورودی ثابت می باشد. به این سیستمها اصطلاحاً "حجم متغیر درجه حرارت ثابت" گفته میشود.

نیازها:

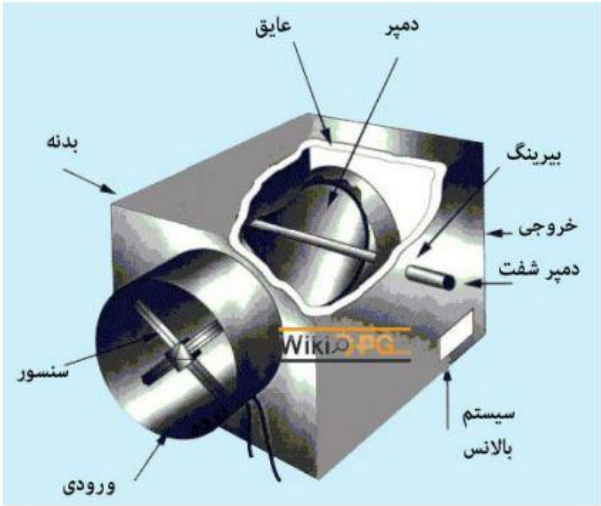
- ❖ استفاده از فن (دمنده) هواساز دور متغیر (مجهز به اینورتر)
- ❖ نصب دمپرهای موتوری در ورودی هوا به هر منطقه (VOV BOX)





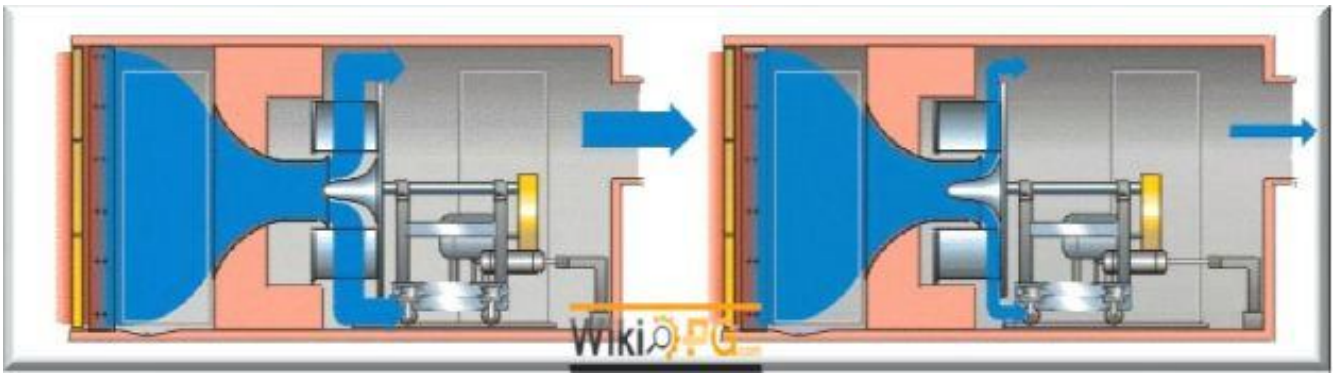


اجزای VOV BOX:



انواع VOV BOX:

- معمولی
- دارای فن(دمنده)
- دارای فن و کویل گرمایش
- مجدد



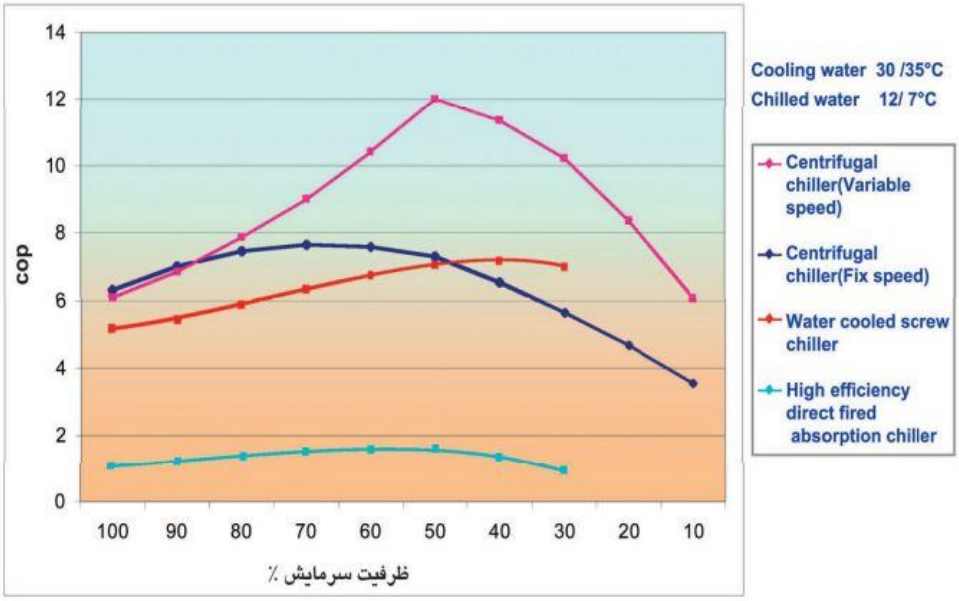
۴. بهینه سازی مصرف انرژی در چیلرها

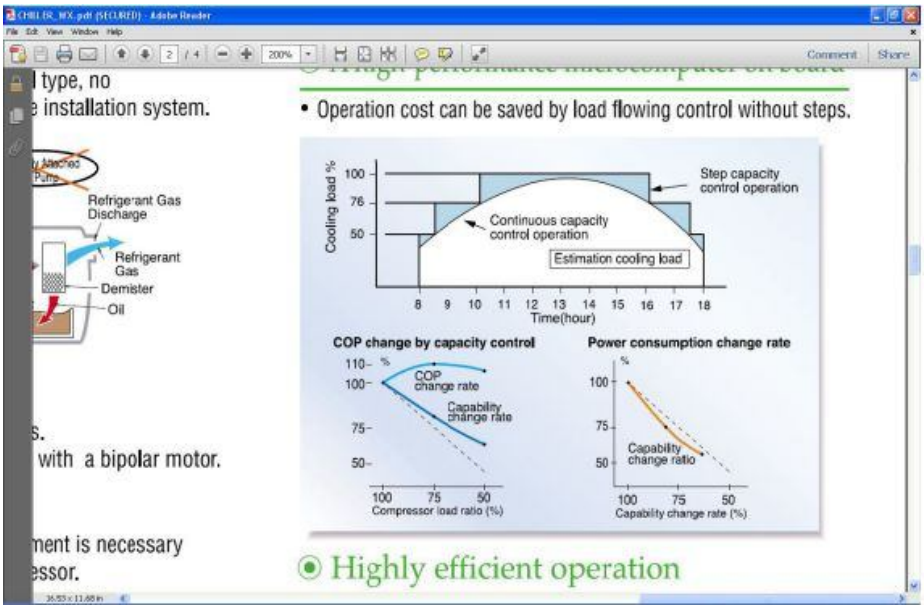
❋ استفاده از چیلرهای با COP و IPLV بالاتر

تعریف IPLVP با استفاده از استاندارد ARI:

$$IPLV = 0.01 \times EER_{100\%} + 0.42 \times EER_{75\%} + 0.45 \times EER_{50\%} + 0.12 \times EER_{25\%}$$

❋ استفاده از سیستم کنترل پیوسته به جای کنترل پله ای:





انرژی

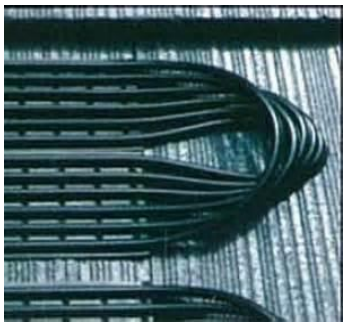
خورشیدی

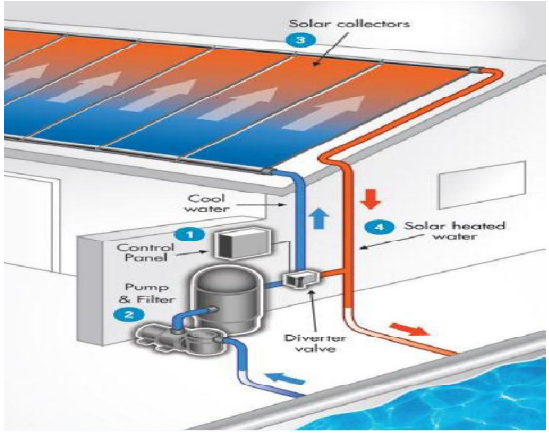
کلکتورهای بدون پوشش شیشه ای (unglazed)

- این کلکتورها جهت استفاده در سیکلهای دما پایین ساخته می شوند.
- کلکتورهای بدون پوشش معمولاً از جنس پلیمر EPDM می باشند.
- به منظور حفاظت در برابر پرتو ماورا بنفش خورشید صفحات کلکتور با یک لایه مقاوم در برابر UV پوشیده شده است.
- بیشترین کاربرد در تامین گرمایش استخرها بویژه استخرهای روباز می باشد.
- روش متداول استفاده از این نوع کلکتور در استخرها معمولاً بصورت مستقیم و بدون سیال واسط می باشد و با نصب کلکتورها در کوتاهترین فاصله نسبت به استخر و گردش آب استخر در کلکتورها بصورت مستقیم بدست می آید.
- در چند سال اخیر تلاش های زیادی توسط شرکت های اروپائی و چینی جهت ساخت کلکلتورهای پلیمری با مقاومت دمائی بالاتر جهت جایگزینی در ابزوربرهای مسی و آلومینیومی کلکتورهای صفحه تخت شده است.

کلکتورهای خورشیدی از نوع پلیمری در سیکل گرمایش استخرهای روباز

نمونه های مختلف کاربر کلکتورهای پلیمری جهت گرمایش استخر





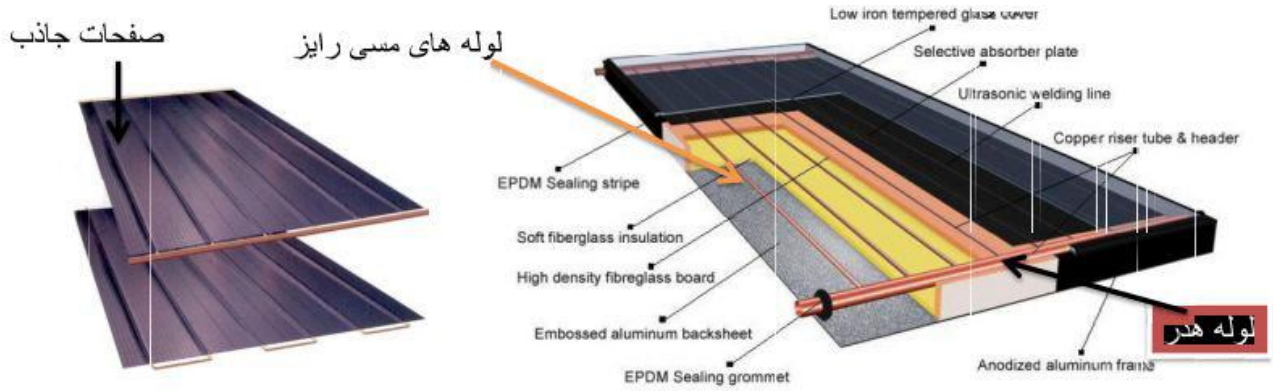
شماتیک گرمایش استخر از طریق انرژی خورشیدی به روش جریان مستقیم و با استفاده از کلکتورهای پلیمری

ویژگی های کلکتور خورشیدی با صفحه جاذب مسطح

- دمای بیشینهٔ قابل استحصال - دمای سکون کلکتور
- عدم خوردگی لوله ها و رسوب گذاری در صفحات جاذب کلکتورها به دلیل استفاده از سیال واسط
- سادگی نصب، بهره برداری درمحصول آبگرمکن خورشیدی ترموسیفون و یا گردش اجباری، نیاز به مراقبت کمتر، طول عمر بالا، کارایی کلکتور در صورت شکسته شدن پوشش محافظ، عدم نشتی آبگرم مصرفی به بیرون برخلاف کلکتورهای وکیوم تیوب از نوع ALL GLASS
- امکان ساخت داخل کشور با بهترین کیفیت و عدم نیاز به واردات به دلیل وجود کلیه متریال مورد نیاز داخل کشور
- تدوین استانداردهای مختلف در تولید این کلکتورها نظیر EN12975
- انعطاف پذیری بالا در طراحی پروژه های حجم بالای آبگرم مصرفی. در ایران بزرگترین سایت مسکونی به ظرفیت ۱۶۰۰۰ لیتر در روز با ۲۵۶ متر مربع انجام شده است. و در خارج ایران بزرگترین در خاورمیانه ۳۶۰۰۰ متر مربع توسط عربستان در ۲۰۱۲ راه اندازی شده است. در خارج ایران روش استفاده در DISTRIC HEATING گرمایش منطقه ای و با سیستم های کمکی نظیر گرمای حاصل از زباله سوزها متداول است.
- امکان طراحی و ساخت کلکتور به صورت یکپارچه به صورت نمونه تا ۶ و یا ۱۲ مترمربع و نصب در نمای ساختمان و حتی به عنوان بخشی از سقف ساختمان با صفحات جاذب استریپ وجود دارد.

اجزا اصلی کلکتورهای صفحه مسطح (Flat Plate SOLAR COLLECTOR)

- صفحات جاذب خورشیدی از جنس آلومینیوم و یا مس شامل پره جذب کننده (FIN) و کانال عبور سیال واسط از جنس متداول مس و یا آلومینیوم. (رایزر و هدر) که به روشهای مختلف نظیر جوش به روش لیزر و یا آلتراسونیک بسته به نوع فلز اتصال شونده و یا اتصال مکانیکی (فشاری، پرچ، اتصالات ورق کاری) می باشد، تشکیل شده است.
- قاب کلکتور از نوع آلومینیوم یا ورق گالوانیزه به صورت یکپارچه و یا به صورت پرفیلهای برش خورده و فریم شده با پرچ و یا پیچ می باشد و عایق بندی رطوبتی در درزها جهت جلوگیری از نفوذ باران تشکیل شده است.
- صفحه فلزی پشت کلکتور جهت قرار دادن صفحات جاذب و عایق حرارتی داخل کلکتور و یکپارچه نمودن کلکتور خورشیدی. تعدادی از تولید کنندگان، فریم را بصورت یکپارچه می سازند یعنی قاب کلکتور و ورق پشت بصورت یکپارچه دیده می شود.
- عایق پشت صفحه جاذب جهت جلوگیری از پرت حرارت جذب شده به بیرون کلکتور خورشیدی، از جنس پشم سنگ، پشم شیشه، حتی پلی یورتان تزریقی می باشد.
- شیشه های کلکتور خورشیدی از جنس شیشه متداول ساختمانی (سکوریت شده) و یا شیشه های مخصوص که در صد آهن کمتری دارند ساخته می شود.



هواگرمکن های خورشیدی

هواگرمکن های خورشیدی که نوعی کاربرد استفاده از صفحات جاذب خورشیدی در گرمایش ساختمان های مسکونی می باشد میتواند ساختاری نظیر کلکتورهای صفحه تخت و یا بصورت نصب در جدار خارجی ساختمان که بنام سولاروال SOLAR WALL شناخته می شود، قرار گیرد.

SOLAR WALL

AIR HEATER SOLAR COLLECTOR

نکات مهم در انتخاب کلکتور و سیستم خورشیدی

۱) در ساخت کلکتورهای خورشیدی روشهای مختلف ساخت و پوشش دهی وجود دارد بنابراین درهنگام مقایسه ملاک فقط قیمت نمی باشد و شرایط فنی محصول بسیار موثر است.

۲) در مقایسه کلکتورهای خورشیدی صفحاتی که دارای لوله های مسی رایزر و هدر جهت کانال سیال حامل ضدیخ و آب میباشند دارای طول عمر بالاتری نسبت به لوله آلومینیومی دارند. ولی قیمت بالاتری هم به نسبت خواهند داشت.

۳) کلکتورهای خورشیدی صفحه تخت جهت استفاده مستقیم گرمایش آب مصرفی استفاده نمی شوند. در بعضی کشورها نظیر ترکیه این کار متداول است بنابراین به صورت جنرال گرمایش مستقیم به معنی واردشدن آب مصرفی به کلکتور و عدم استفاده از سیال واسط عمومیت ندارد ولی از نظر امکان پذیر بودن جواب مثبت است. البته قطر لوله های رایزر کلکتور در این روش معمولاً از ۱۲میلیمتر بالاتر است. و درصورت استفاده باید مس باشد تا طول عمر بالاتری داشته باشد. بسیاری از تولید کنندگان گارانتی محصول خود را در این روش منتفی می دانند.

۴) استانداردهای تست کلکتور در ایران تدوین شده است ولی تا این سال ۲۰۱۵ هنوز اجرائی نشده است. لازم به ذکر است میتوان از استاندارد EN12975 به عنوان معتبرترین استاندارد ذکر نمود.

۵) کلکتورهائی که با استاندارد اروپایی EN12975 تست می شوند با نشان روبرو شناخته می شود.

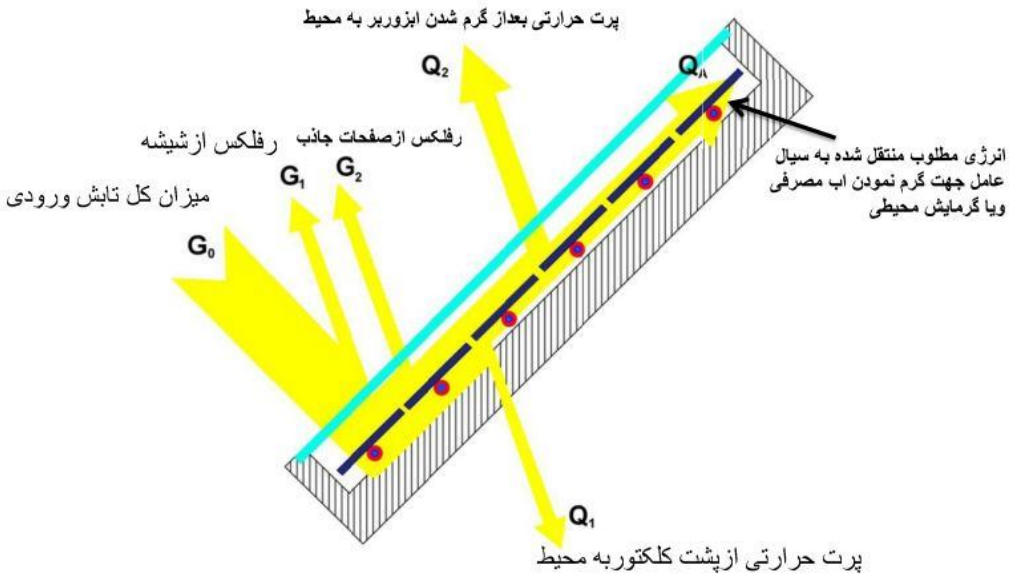
۶) کلکتورهای وکیوم تیوب مدل ALL GLASS دارای استاندارد اروپا و آمریکا نمی باشند ولی مدلهای هیت پایپ می توانند دارای این استاندارد باشند.

۷) در زمان طراحی سیستم خورشیدی می توان اطلاعات مختلف نظیر دبی تعریف شده و افت فشارها و فشار تست، سطح دقیق کلکتور و ... را از گواهینامه تست کلکتور درخواست نمود.

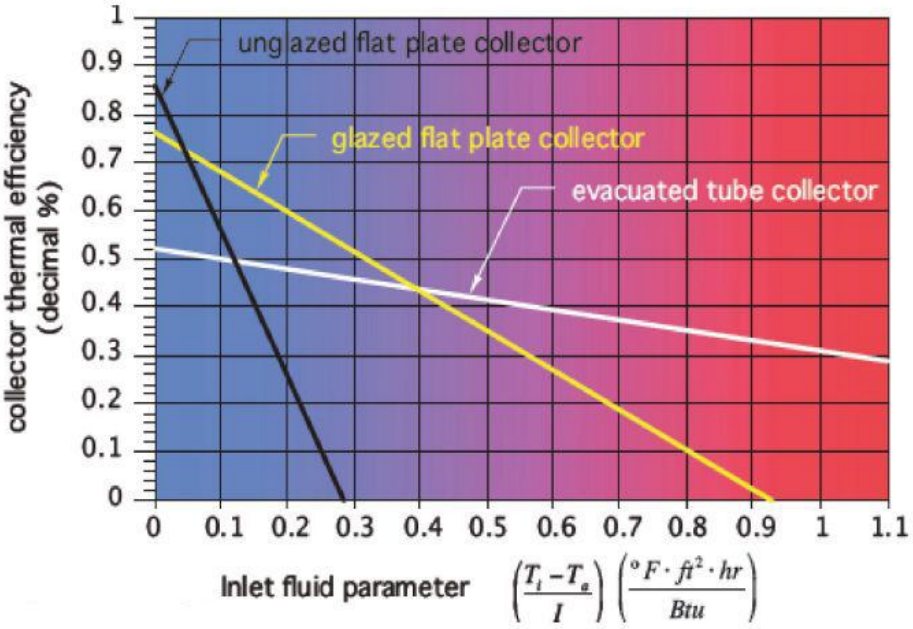
۸) ماکزیمم دمای قابل حصول در کلکتور خورشیدی به دمای سکون شناخته می شود. منظور از سکون توقف حرکت سیال در تابش ماکزیمم استاندارد (بالاتر از ۸۰۰ وات بر متر مربع) در یک روز تابستانی می باشد. این دما در اکثر کلکتورها بالاتر از ۱۲۰ درجه سانتیگراد می باشد. ولی این دما ملاک طراحی سیستم خورشیدی نیست. البته هرچه این دما بالاتر باشد نشان از کیفیت بهتر جاذب و عایق بندی کلکتور می باشد.

۹) با توجه به بالا بودن قیمت مس در بازارهای جهانی در چند سال اخیر و بالارفتن کیفیت و روشهای لیزر جوش در صنعت اکثر تولیدکنندگان کلکتورها را با جاذب آلومینیومی و لوله های مسی و یا آلومینیومی ارائه می نمایند. لازم به ذکر است تجربه و مطالعات اینجانب نشان داده است با توجه به تابش خوب ایران همیشه استفاده از آخرین تکنولوژی و کلکتورها با ابزوربر مسی نمی تواند بهترین راهکار باشد بلکه پارامترهایی نظیر هزینه تمام شده محصول در کنار استانداردهای ساخت محصول و خدمات پس از فروش بسیار مهم است.

۱۰) در پروژه ها توجه داشته باشید که معمولاً در مشخصات فنی تعداد کلکتور قید می گردد ولی اینکه کدام یک از ۳ سطح عنوان شده (سطح ناخالص، سطح رویت و سطح جاذب) مورد درخواست است، بایستی مورد توجه قرار گیرد.



دیاگرام انتقال انرژی از خورشید به سیال واسط در کلکتورهای خورشیدی صفحه تخت



مقایسه بازده انواع کلکتورهای خورشیدی

بازده کلکتورهای خورشیدی

- از ویژگی های هر کلکتور خورشیدی بازده حرارتی آن است.
- بازده حرارتی بصورت نسبت توان حرارتی خروجی کلکتور به توان حرارتی ورودی(تابش برخوردی به سطح کلکتور)بیان میشود.

$$\eta = \frac{\dot{m}c\,(Te - Ti)}{GA}$$

- بازده می تواند بر مبنای سطح A ناخالص یا سطح جذب کننده یا سطح دهانهٔ کلکتور باشد.
- بازده کلکتور به صورت رابطه ای از T^*i بیان می شود (براساس شرایط استاندارد EN12975 به صورت رابطه خطی یا توانی):

$$T^*i = \frac{Tin - Ta}{G} \qquad \eta = \eta_0 - a_1T^* \qquad \eta = \eta_0 - a_1T^* - a_2GT^{*2}$$

تقسیم بندی سیستم های گرمایی خورشیدی از نظر نحوه عملکرد

از نظر نوع نیروی محرک:

- ✓ سیستم گرمایی خورشیدی فعال (Active): استفاده از پمپ، فن یا وسایل محرک دیگر در سیستم
- ✓ سیستم گرمایش خورشیدی غیرفعال (Passive): عدم استفاده از پمپ یا فن در سیستم و بکارگیری نیروی ترموسیفون (خود چرخش بر مبنای جابجائی سیال سرد و گرم به صورت طبیعی)

از نظر نوع انتقال حرارت:

- سیستم گرمایی غیرمستقیم (Indirect) : استفاده از مبدل برای انتقال حرارت از کلکتور خورشیدی به آبگرم مصرفی
- سیستم گرمایی مستقیم (Direct) : استفاده مستقیم از گرمای تابشی بدون مبدل نظیر آبگرمکن وکیوم تیوب مدل بدون فشار با کلکتور ALL GLASS

مقایسه عملکرد سیستم های گرمایی خورشیدی

از نظر نوع نیروی محرک:

- ✓ سیستم گرمایی خورشیدی فعال (Active) :
  - ❊ دارای بازدهی حرارتی بالاتر به دلیل کاهش دمای کلکتور و قرار گرفتن تانک داخل ساختمان
  - ❊ پیچیدگی و تعداد قطعات بیشتر نظیر پمپ و کنترلر و همچنین نیاز بیشتر به نگهداری دقیق تر سیستم
- ✓ سیستم گرمایش خورشیدی غیرفعال (Passive) :
  - ❊ ساده بودن تجهیزات
  - ❊ عدم استفاده از انرژی الکتریکی جهت چرخش سیال در کلکتورها

از نظر نوع انتقال حرارت:

- سیستم گرمایی غیرمستقیم (Indirect) :
  - ❊ استفاده از مبدل برای انتقال حرارت خورشیدی به آبگرم مصرفی
  - ❊ عدم رسوب گیری سیستم و کاهش حساسیت در نگهداری و عدم تخلیه آب مصرفی در صورت شکست شیشه ها
- سیستم گرمایی مستقیم (Direct) :
  - ❊ بازده حرارتی بالاتر
  - ❊ تعمیر و نگهداری بیشتر

کاربرد آبگرمکن خورشیدی

هرچند واژه آبگرمکن معمولاً برای آبگرمکن خورشیدی خانگی استفاده می شود با این حال بسته به روش و حجم سیال گرم شده می توان تقسیم بندی ذیل را ارائه نمود:

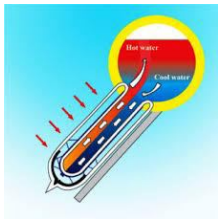
- آبگرمکن خورشیدی برای تامین آب مصرفی در حجم محدود و مشخص و بصورت مستقل برای واحدهای مسکونی. این محصول میتواند در۲ مدل ترموسیفون (صفحه تخت و یا وکیوم تیوب) و یا گردش اجباری باشد. (Domestic Solar Water Heater)
- آبگرمکن خورشیدی برای تامین آب مصرفی در حجم بالا و به صورت مرکزی برای واحدهای مسکونی با سیستم حرارت مرکزی می باشد. این محصول از نوع گردش اجباری می باشد. (Large scale solar water heater)
- آبگرمکن خورشیدی ترکیبی: این محصول در سیستم های ترکیبی از آبگرم مصرفی و گرمایش محیطی کاربرد دارد همچنین میتواند ترکیبی از آبگرم مصرفی و استخر نیز درگرمایش محیطی خورشیدی داشته باشد. (Combined solar water heater)

مقایسه روش های گرمایش دو مکانیزم اصلی و پر کاربرد در گرمایش آبگرم به وسیله آبگرمکن های خورشیدی خانگی

انواع مختلف آبگرمکن های خورشیدی وکیوم تیوب

الف) آبگرمکن خورشیدی وکیوم تیوب با فشار ثقلی داخل ساختمان

(ALL GLASS SOLAR WATER HEATER) (Vacume solar water heater- Non pressure type)



نقاط قوت:

۱. قیمت پایین
۲. تامین آبگرم با دمای مطلوب

نقاط ضعف:

۱. پایین بودن کیفیت آبگرم از لحاظ فشار پشت شیر داخل ساختمان به ویژه دوشها و به صورت خاص طبقات بالائی و ساختمان های مجهز به شیرآلات اهرمی.
۲. امکان غلبه فشار آب سرد از داخل ساختمان در شیر مخلوط به مسیر آبگرم و در صورت عدم نصب شیر یکطرفه سرریز از تانک آبگرم بر روی بام.
۳. امکان ایجاد رسوب نرم داخل شیشه های کلکتور به دلیل گرم شدن آب مصرفی به صورت مستقیم داخل شیشه های دوجداره کلکتور خورشیدی.
۴. امکان تخلیه آبگرم مصرفی بر روی پشت بام در صورت شکسته شدن شیشه های گرم کننده.

ب) آبگرمکن خورشیدی وکیوم تیوب مدل پیش گرمایش و تحت فشار

(Preheat Vacume solar water heater- Presurized type)

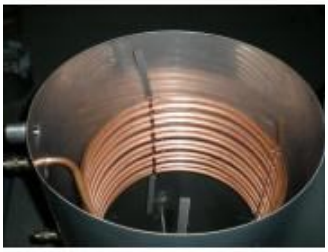
این آبگرمکن ها با نام آبگرمکن های تحت فشار با کلکتور وکیوم تیوب شناخته می شوند. آبگرم مصرفی داخل لوله های مسی (مبدل حرارتی) جریان دارد و آب گرم کننده در یک سیکل بسته داخل تیوبها گرم شده و انرژی جذب شده را از طریق مبدل ذکر شده به آب مصرفی منتقل می نماید.

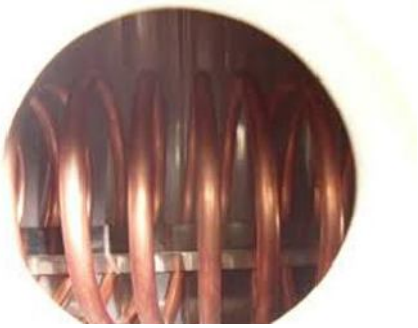
نقاط قوت:

۱. برطرف شدن مشکل فشار پشت شیر داخل ساختمان نسبت به مدل های بدون فشار و اتصال بهتر به پکیج و یا آبگرمکن دیواری و مخزنی (با استفاده از شیرهای چند راهه ترکیبی) و یا موتورخانه.

نقاط ضعف:

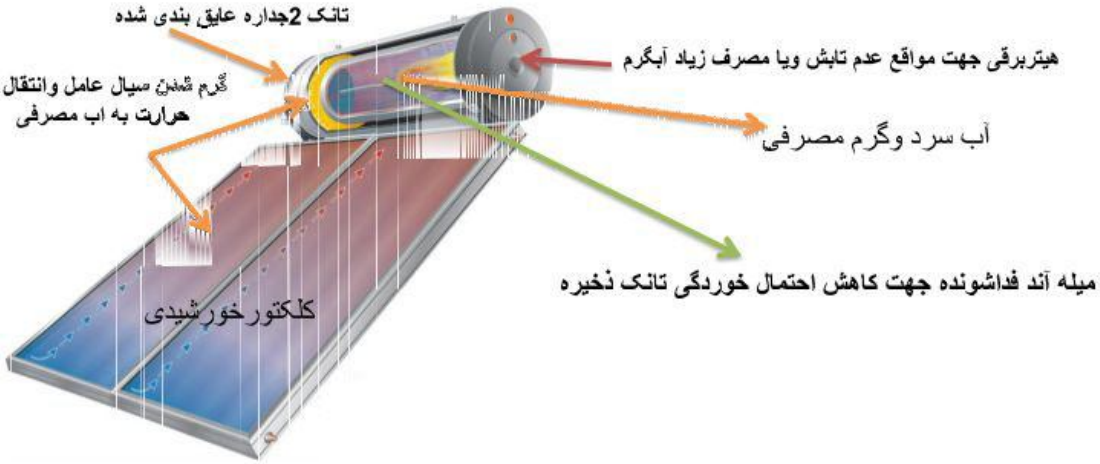
۱. این مدل در دبی های بالای آبگرم مصرفی قادر به تامین آبگرم در نقطه مطلوب دمائی نمی باشد و به همین دلیل بیشتر به عنوان یک آبگرمکن پیش گرمکن (پکیج و آبگرمکن و ...) استفاده می شود.
۲. امکان رسوب گرفتن و مسدود شدن مسیر و همچنین کاهش ضریب انتقال حرارت داخل لوله وجود دارد و با توجه به ساختار این مدل امکان تعویض وجود ندارد.
۳. گران بودن این مدل نسبت به مدل های بدون فشار به دلیل استفاده از کویل مسی.





روش عملکردی آبگرمکن خورشیدی صفحه تخت (FLAT PLATE SOLAR WATER HEATER – PRESURIZED)

مکانیزم تهیه آبگرم در این محصولات بسیار ساده و با کیفیت می باشد. بدین نحو که با گرم شدن سیال واسط (ترکیب آب و ضد یخ) در کلکتورهای خورشیدی که با جذب انرژی از خورشید اتفاق می افتد این سیال تغییر چگالی می دهد و با حرکت به سمت بالا و وارد شدن به جدار دوم تانک ذخیره انرژی جذب شده را از طریق پوسته به سیال مورد نظر (آبسرد مصرفی) ساختمان منتقل و آب گرم را گرم می نماید. متوسط زمان مورد نیاز جهت گرمایش آب مصرفی در سیستم ۲۰۰ لیتری با دو دستگاه کلکتور خورشیدی با سطح ناخالص مجموع ۳/۸ متر مربع ۳/۵ تا ۴ ساعت در شرایط تابش فصول گرم سال در اصفهان می باشد.



نکات مهم در انتخاب آبگرمکن خورشیدی خانگی

۱) **پیش بینی صحیح از میزان مصرف:** پیشنهاد می گردد میزان حجم آبگرم مصرفی ساختمان در حال استفاده قبل از ارائه سیستم خورشیدی بصورت دقیق اندازه گیری شود و در صورتی که ساختمان درحال طراحی است می توان عدد ۵۰ تا ۶۰ لیتر را به ازاهر نفر مصرف آبگرم در ۲۴ ساعت منظور نمود. همچنین در نظر داشته باشید زیربنای ساختمان ملاک دقیقی از مصرف نمی باشد. نکته بعدی مربوط به سطح کلکتور خورشیدی است که به ازاء هر مترمربع ۵۰ لیتر را حجم تانک در نظر می گیرند.

۲) **محل نصب سیستم در چه اقلیم و با چه شرایط بهره برداری است**: درهرصورت محصول نیاز به مراقبت دارد و پیش بینی و تمهیدات لازم جهت جلوگیری از یخ زدگی و یا شکستگی لوله ها در محصول وکیوم تیوب و تخلیه آب مصرفی در زمستان انجام گردد. این موضوع می تواند شامل پوشاندن بخشی از کلکتورها در فصل گرم سال و در مکانی که بهره برداری روزانه نداریم نیز باشد. یا سریز شدن مداوم آب در صورت عدم بهره برداری و حتی تخلیه آب.

۳) **نوع سیستم کمکی (پکیج، آبگرمکن دیواری، مخزنی، موتورخانه)**: ارائه طرح برای اتصال سیستم خورشیدی به آن با چه سیستم ثانویه کمکی می خواهد مرتبط باشد. بطور مثال محصول نباید با آبگرمکن دیواری و پکیج سری گردد. همچنین اتصالات پشت بام بخوبی اجرا شده باشد و احتمال نشتی و خرابی سقف منتفی باشد.

۴) **کیفیت آب مصرفی محل نصب به چه صورت است**: در صورت اسیدی و یا بازی بودن آب مصرفی در محل نصب محصول متناسب پیشنهاد میگردد و همچنین کلکتورها با آب با املاح بالا شارژ نگردد. استاندارد محصول به ویژه کلکتورها بررسی شود و توصیه کارخانه سازنده در شرایط بهره برداری در نظر گرفته شود. توجه خاص به کیفیت آب در محصولات گرمایش مستقیم وکیوم تیوب.

۵) **امکان افزایش به صورت موازی کردن محصولات خانگی وجود دارد**: مصرف کننده می تواند در صورت مشخص نبودن میزان دقیق مصرف با واحدهای کمتر دستگاه مورد نیاز خود را سنجیده و بعداً نسبت به افزایش اقدام نماید.

۶) **روشهای ابداعی اتصال آبگرمکن به سیکل بسته موتورخانه به راحتی استقبال نشود**: خرابی قطعات در نظر گرفته شود. کیفیت عایق بندی تانک بسیار مهم است و نباید پشم شیشه باشد و بهتر است میله آند منیزیم داشته باشد.

الزامات اولیه جهت نصب آبگرمکن خورشیدی خانگی

۱. انجام پایپینگ با سایز مناسب حداقل ۳/۴ اینچ در ساختمان هایی که از ۱ دستگاه استفاده می کنند و بالا رفتن سایز متناسب با دستگاههای موازی شده بر روی بام جهت افزایش حجم تولید آبگرم و همچنین جنس لوله ترجیحاً فلزی ولی می توان از لوله های چند لایه استاندارد پلیمری استفاده نمود. توجه داشته باشید لوله های پنج لایه در ارتباط کلکتور با تانک ذخیره (سیکل بسته) استفاده نشود چون در زمان کوتاهی سوراخ خواهد شد.

۲. پیش بینی فضای نصب بدون سایه بر روی بام در کوتاه ترین فاصله با رایزر آبگرم و سرد مصرفی.

۳. پیشبینی لوله برق جهت عبور سنسور ترموستات جداری داخل ساختمان که بهره بردار بتواند از دمای تانک اطلاع حاصل نماید. و همچنین پیش بینی کابل برق جهت استفاده بهره بردار از هیتر برقی داخل تانک در مواقع عدم تامین انرژی از خورشید.

۴. پیش بینی کلید محافظت از برق گرفتگی جهت المنت حرارتی.

۵. پیش بینی نحوه اتصال سیستم خورشیدی خانگی به سیستم ثانویه به صورت ترموستاتیک یا شیر برقی و یا دستی.

۶. پیشنهاد می گردد قبل از توصیه به استفاده از آبگرمکن خورشیدی حتماً کاربری ساختمان مورد مطالعه قرار گیرد و اگر ساختمان دارای کاربری غیردائمی نظیر ویلا است و یا بهره بردار نمی تواند نگهداری سیستم خورشیدی را به عهده داشته باشد روشهای دیگر را نیز بررسی نمایید. البته یکی از بهترین روشهای موثر و ساده در سیستم های خورشیدی در زمان های غیر استفاده پوشاندن تمام و یا بخشی از کلکتورها (که می تواند به صورت دستی و یا اتوماتیک باشد) پیشنهاد می گردد.

ایجاد پوشش جهت محافظت از کلکتورها در زمانهای طولانی عدم استفاده

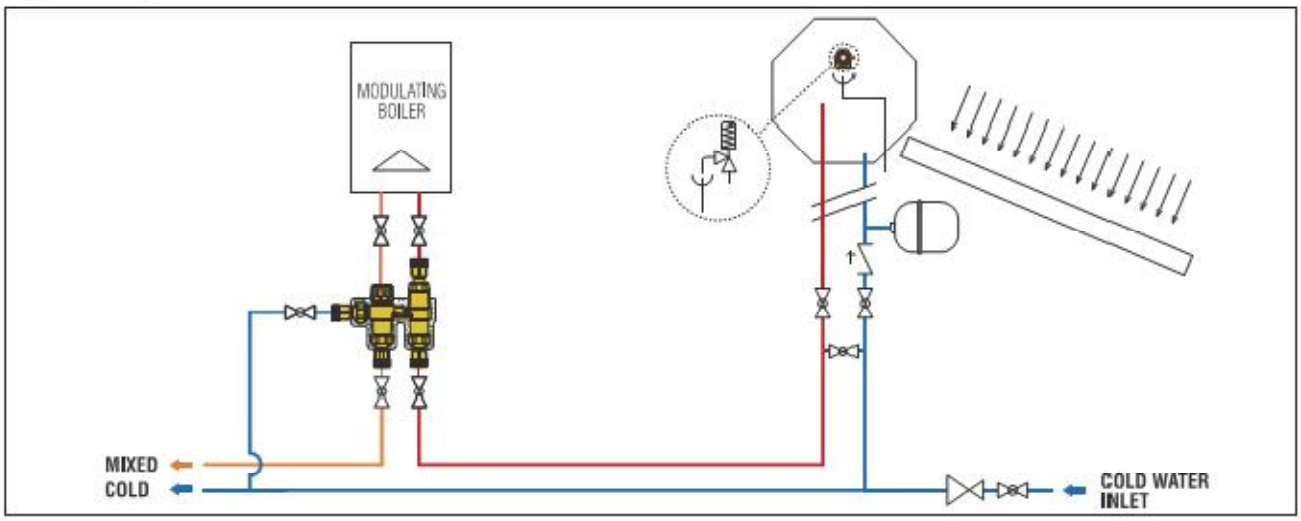
اتصال آبگرمکن خورشیدی ترموسیفون (تحت فشار) و سیستم کمکی گازسوز و یا برقی

اتصال سیستم خورشیدی به سیستم کمکی می تواند به ۲ صورت دستی و اتوماتیک انجام گیرد.

۱. در روش دستی از موازی نمودن آبگرمکن خورشیدی خانگی با پکیج و یا آبگرمکن و یا موتورخانه استفاده می شود. این بدین معنی است که بهره بردار در صورت تامین حرارت مورد نیاز از خورشید از آبگرمکن و در صورت عدم تامین از پکیج، آبگرمکن (دیواری، برقی، مخزنی و یا موتورخانه) استفاده می نماید.
۲. در روش اتوماتیک معمولاً از شیرهای ترموستاتیک و یا موتوردار استفاده می شود.
۳. اتصال سری آبگرمکن خورشیدی به آبگرمکن دیواری و پکیج به دلیل ایجاد مشکل در قطعات ورودی این تجهیزات بدون هیچ محدود کننده دمائی مجاز نیست.
۴. معمولاً آبگرمکن های خورشیدی خانگی ترموسیفون مجهز به یک هیتر برقی می باشند که بهره بردار می تواند از آن به عنوان سیستم کمکی استفاده نماید.

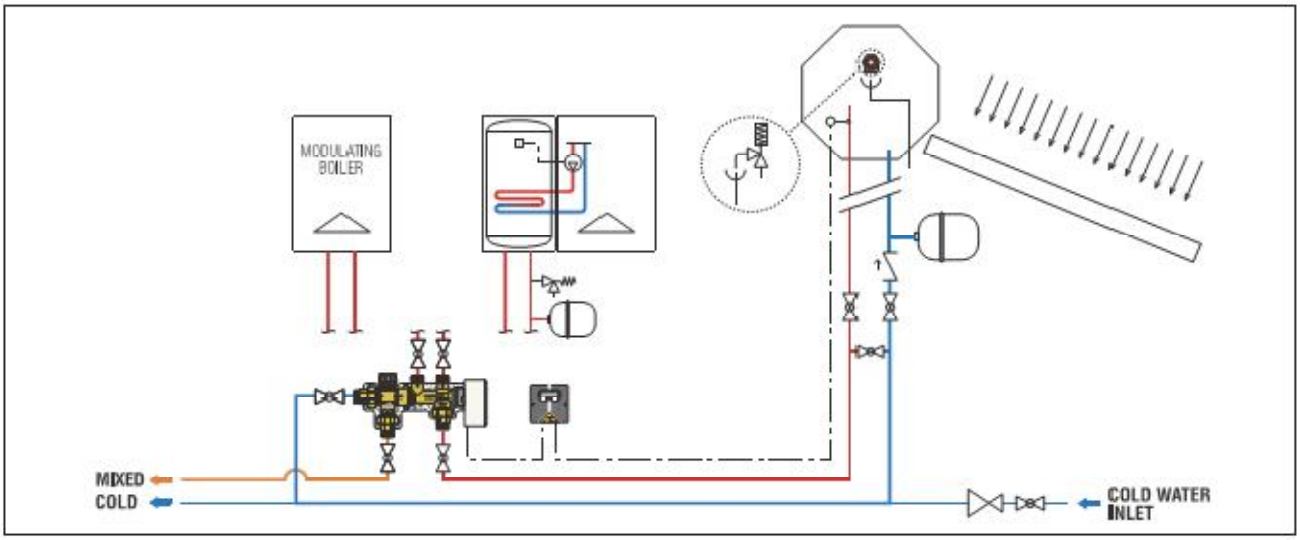
اتصال آبگرمکن خورشیدی به پکیج با استفاده از شیر ترکیبی

در این روش آبگرم خروجی وارد شیر ترموستاتیک (شیر بدون موتور برقی) شده و بسته به دمای آبگرم وارد پکیج شده (حالت ۱) و یا به صورت مستقیم (حالت ۲) مصرف می گردد.



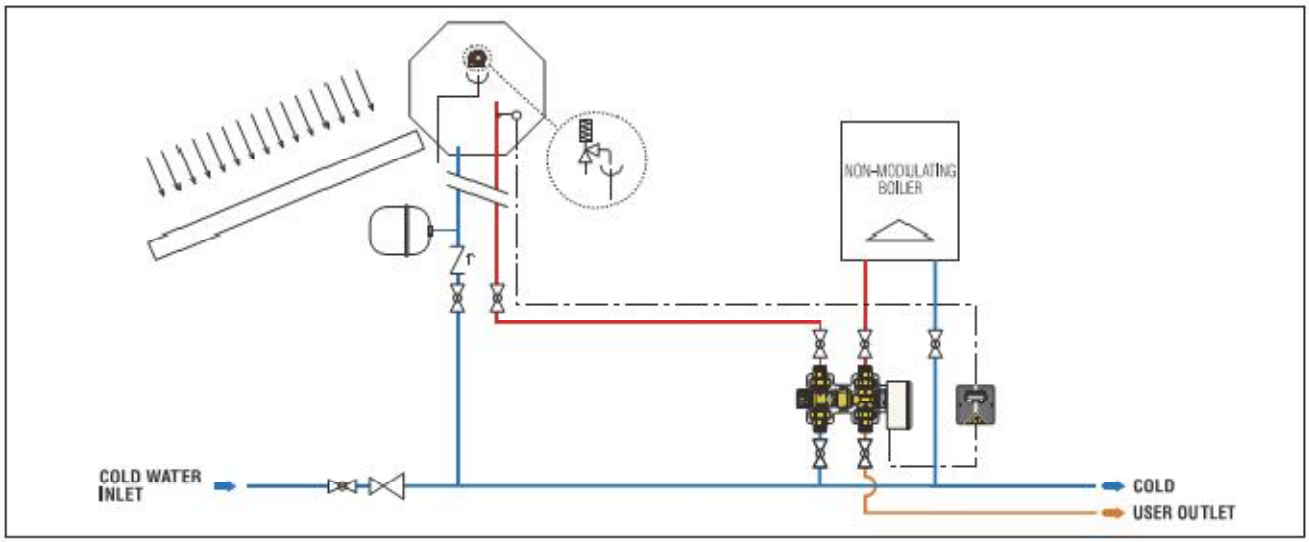
اتصال آبگرمکن خورشیدی به پکیج با استفاده از شیر ترکیبی با مانیتور دمای مخزن

در این حالت آبگرم خروجی از تانک خورشیدی با توجه به دمای خوانده شده از طریق سنسور نصب شده بر روی تانک یا به صورت پیشگرم پکیج یا تانک ذخیره و یا به صورت مستقیم به نقطه مصرف وارد می شود.



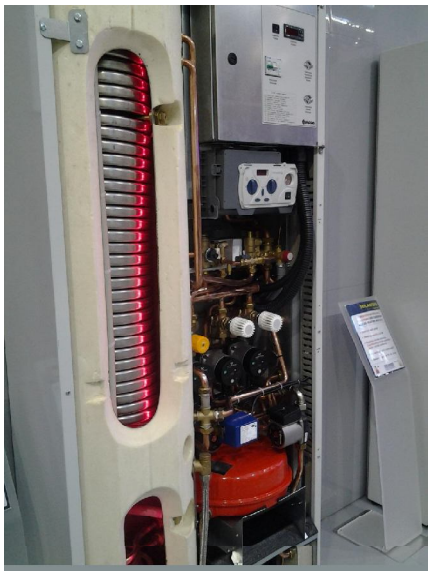
اتصال آبگرمکن خورشیدی به پکیج با استفاده از شیر ترکیبی با مانیتور دمای مخزن حالت ۲

در این حالت سیستم به صورت موازی با پکیج یا موتورخانه می باشد.



نمونه یک پکیج کامل ترکیبی با انرژی خورشیدی و سیستم گازسوز

این پکیج ها از نوع مخزن دار و اکثراً از نوع کندانس می باشند. مشخصاً با قرار گرفتن تانک ذخیره داخل ساختمان این مدل از حالت ترموسیفون خارج شده و از نوع گردش اجباری قلمداد می گردد.



مراحل طراحی یک سیستم خورشیدی

۱) تکمیل چک لیست اولیه شامل اطلاعات مورد نیاز برای طراحی سیستم خورشیدی.

۲) مکان یابی محل نصب تجهیزات کلکتورها بر روی بام شامل در نظر گرفتن سطح در اختیار بدون ایجاد تداخل با دیگر تجهیزات بام و همچنین عدم سایه اندازی ساختمان های مجاور بروی کلکتورهای خورشیدی. ممکن است یک پروژه در همین مرحله متوقف گردد؛ بنابراین طراح باید از وجود محل مناسب بر روی بام اطمینان حاصل نماید.

۳) در پروژه هایی که سیستم به صورت یک طرح بهسازی ارائه می گردد بهتر است میزان دقیق آبگرم مصرفی با نصب یک کنتور (آلتراسونیک و یا معمولی) در مسیر آبگرم مصرفی به صورت دقیق اندازه گیری گردد.

۴) طراح بایستی نسبت به انتخاب بهترین طرح و روش مناسب یک سیستم ترکیبی (خورشیدی - گازی) و یا (خورشیدی - برقی) در سیستم در حال استفاده و یا سیستم در فاز طراحی اقدام نماید.

۵) طراح جهت انتخاب بهتر تعداد کلکتور خورشیدی، حجم تانک ذخیره، مبدل های حرارتی، سایز لوله کشی و ... می تواند از یک نرم افزار شبیه ساز استفاده نماید. خروجی این نرم افزار شامل اطلاعاتی نظیر سهم انرژی خورشیدی از کل انرژی مورد نیاز، میزان مصرف سوخت صرفه جویی شده، برگشت سرمایه و .... می باشد. لازم است طراح در کاربری ساختمان و اقلیم مورد استفاده دقت نظر داشته باشد.

۶) اطلاعات بدست آمده از نرم افزار دقت ۱۰۰ درصد ندارد و مهندس طراح باید با دقت نظر به آن توجه داشته باشد.

۷) طراح بایستی از قابلیت های سیستم کنترل مورد استفاده در سیکل خورشیدی اطلاع کافی داشته باشد و طرح مکانیکال با طرح الکتریکال پروژه همخوانی داشته باشد.

۸) قابلیت های سیستم کنترل می تواند طرح مکانیکال سیستم خورشیدی را بهینه نماید.

۹) بعد از شبیه سازی نرم افزاری و استخراج طرح ترکیبی و تهیه نقشه های بام (محل نصب کلکتورها) و موتورخانه هزینه پروژه استخراج می گردد تا درصورت تایید کارفرما و یا درخواست ایشان جهت کاهش سهم انرژی خورشیدی و استفاده از کلکتورهای خورشیدی کمتر طرح مجدد بازنگری می گردد. در طرح نهایی بایستی مشخصات کلیه تجهیزات متناسب با طرح ارائه گردد.

نکاتی چند جهت طراحی سیستم خورشیدی

۱. در سیستم های خورشیدی گردش اجباری لوله های ارتباطی کلکتور و تانک ذخیره باید از جنس فلزی ترجیحاً آهنی بدون پوشش گالوانیزه با اتصالات جوشی و یا استیل ضدزنگ باشد. از لوله های پلیمری به هیچ وجه نباید استفاده شود.

۲. سایزینگ لوله ها متناسب با دبی توصیه شده کلکتور که یاجریان بالا و یا جریان پایین است محاسبه می گردد دبی توصیه شده و افت فشارهای مجاز شبکه و همچنین افت فشار کلکتورها و دیگر تجهیزات باید از گواهی استاندارد کلکتور استخراج گردد.

۳. عایق بندی لوله ها و تانک ذخیره بسیار مهم است بنابراین حساسیت ویژه ای در اجرای آن داشته باشید.

۴. معمولاً مبدل های تانک ذخیره خورشیدی به صورت عمودی و مارپیچ ساخته می شود؛ البته تعمیرات آن سخت تر از مبدل های متداول موتورخانه از نوع UTYPE است در صورت استفاده از مبدل های خورشیدی از ضریب ۰/۴ مترمربع به ازا هر متر مربع سطح جاذب استفاده می گردد.

۵. میزان مصرف آبگرم به صورت دقیق استخراج گردد. با نصب کنتور و در صورت طراحی پروژه می توان از جدول دبی پیشنهادی که در ادامه آمده است استفاده گردد.

۶. از طراحی آبگرم مصرفی بر مبنای تابش زمستان خودداری شود. به دلیل این که در تابستان با انرژی زیادی که به دست خواهید آورد و با کاهش مصرف مشکلات جدی در نگهداری سیستم به وجود خواهد آمد.

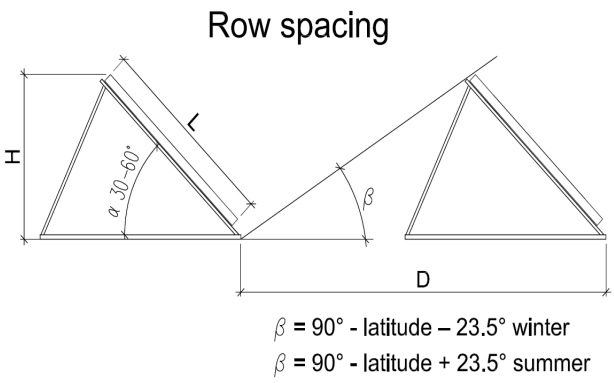
۷. دبی و هد پمپ نیز بر مبنای افت فشار کل در سیکل بسته و دبی نیز از جمع دبی های کلکتور خورشیدی استخراج می گردد.

۸. کلیه تجهیزات استفاده شده باید قابلیت تحمل دمای بالا و همچنین مقاومت به ضدیخ را داشته باشند و در گواهینامه آن قید شده باشد. بخصوص منبع انبساط بسته دیافراگمی.

۹. کنترل سیستم خورشیدی می تواند به صورت ترموستات مقایسه ای ساده و یا کنترلرهای چند مداره با قابلیت تغییر دور پمپ بر مبنای دمای کلکتور خورشیدی و حتی مانیتورینگ آنلاین دما و انرژی باشد.

فاصله ردیف ها در سیستم های خورشیدی

فاصله ردیف ها در اصفهان بین ۲/۷ تا ۳ متر می باشد.



$$D = \frac{L * \sin(180° - (\alpha+\beta))}{\sin \beta}$$

LATITUDE: منطقه جغرافیائی عرض

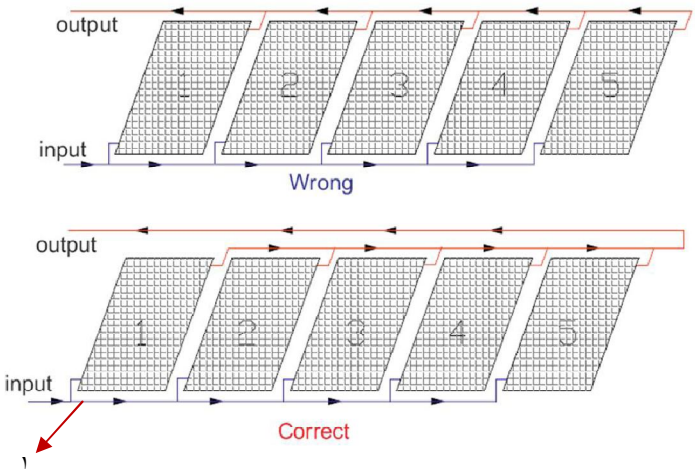
L: طول کلکتور خورشیدی

D: فاصله ردیف ها

β: زاویه دید کلکتور خورشیدی برای زمستان محاسبه می گردد

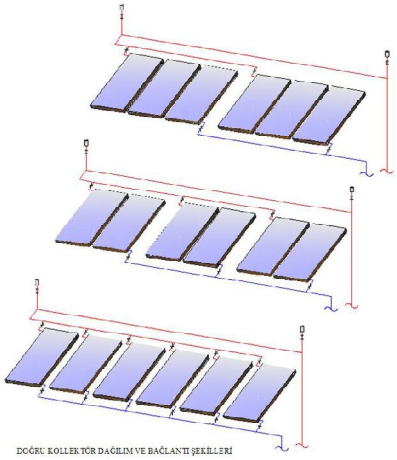
α: زاویه ارتفاعی کلکتور برابر عرض جغرافیایی محل به علاوه ۱۰ تا ۱۵ درجه البته برای مصارف مختلف متفاوت است.

ایجاد افت فشار مساوی در مسیر کلکتورها جهت چرخش یکسان سیال واسط در کلکتورهای خورشیدی



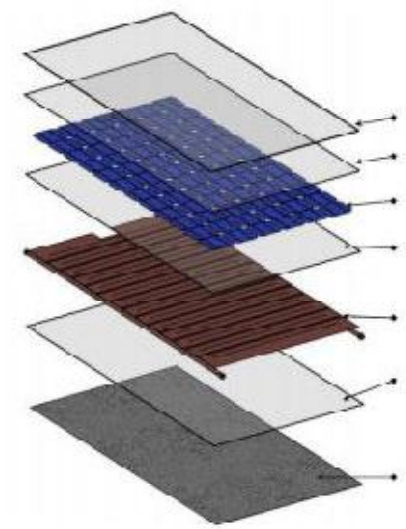
همانطور که مشاهده می شود سیال در نقطه ۱ در حالت صحیح لوله کشی از هر کلکتور بخواهد عبور نماید مسیر افت فشار یکسان در پیش رو خواهد داشت و بنابراین دبی یکسان در کلکتورها تقسیم می گردد.

شماتیک روش نصب صحیح لوله کشی جهت توزیع یکنواخت جریان (Tichelman) و یا استفاده از بالانس سولاروال



نحوه عملکرد سیستم های خورشیدی ترکیبی از نوع مسطح

همانطور که می دانید در پانل های فتوولتائیک با گرم شدن پانل به ویژه در تابستان راندمان پانل با افت شدید مواجه است که این مورد به دلیل بالا رفتن مقاومت الکتریکی در زمان گرم شدن سلولها می باشد. این موضوع در پانل های ترکیبی PVT که از قرار دادن یک شبکه انتقال آب در پشت سلول های تولید برق تشکیل شده است تا حد زیادی برطرف شده است. بنابراین در این پانل علاوه بر تامین برق می توانیم بخشی از نیازهای گرمائی ساختمان را مربوط به تامین آبگرم ساختمان تامین نمائیم.



کلکتورهای ترکیبی برق و حرارت با تکنولوژی صفحه تخت

توجیه فنی اقتصادی

کاربرد سیستم های

خورشیدی فتوولتائیک

فهرست مطالب

- مقدمه
- پتانسیل سنجی
- سلول های فتوولتائیک
- سیستم های فتوولتائیک
- تحلیل اقتصادی
- جمع بندی و دوره های آتی

مقدمه

- انرژی، یکی از مهمترین محرک های توسعه اجتماعی و اقتصادی جوامع می باشد.
- کمبود در سیستم عرضه انرژی، به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر روند توسعه پایدار اثر گذار است.
- پایان پذیری سوخت های فسیلی و آلایندگی ناشی از آنها همواره یکی از مهمترین چالش های نظام عرضه انرژی مبتنی بر سوخت های فسیلی بوده است.
- استفاده از انرژی های محیطی و جایگزینی حامل های انرژی های فسیلی با انرژی های تجدیدپذیر امکان استفاده از سود صادرات و یا کاربرد آنها در سایر بخش های مولد را فراهم می سازد.
- استفاده از انرژی های تجدید پذیر بر قابلیت انعطاف سیستم های انرژی می افزاید و تنوع و به تبع آن امنیت انرژی را افزایش می دهد.
- استفاده از انرژی های تجدید پذیر از روند روبه رشد آلایندگی های زیست محیطی می کاهد.
- موارد اقتصادی در گسترش کاربرد انرژی های تجدیدپذیر نقشی تعیین کننده دارد.
- طراحی سیستم عرضه انرژی بهینه برای تامین تقاضا بر اساس شرایط اقلیمی، محدودیت منابع، هزینه فرصت و شرایط زیست محیطی، ضرورت مطالعات امروز در زمینه انرژی است.

انرژی خورشیدی در ساختمان

- بخش ساختمان، حدود $40\ \%$ از مصرف انرژی نهایی در کشور را به خود اختصاص داده است.
- موضوع کاربرد انرژی خورشیدی در ساختمان از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.
- سیستمهای انرژی خورشیدی در ساختمان، سیستمهایی ایمن، دوست دار محیط زیست، قابل اطمینان و با منابع انرژی نامحدود هستند.

چالش های استفاده از انرژی خورشید در ساختمان

۱. شار انرژی نسبتاً پائین انرژی خورشیدی که منجر می شود سیستم های انرژی خورشیدی نیاز به سطح زیادی داشته باشند.
۲. تغییرات قابل پیش بینی و غیر قابل پیش بینی که منجر به ناپایداری سیستم انرژی خواهد شد. (روز و شب، تغییرات فصلی و یا ابری شدن هوا)
۳. هزینه سرمایه گذاری نسبتاً بالا در مقایسه با استفاده از حامل های انرژی فسیلی (نه لزوماً در تمام موارد)

معرفی دوره

اهداف

- ✓ توسعه و ترویج کاربرد انرژی خورشیدی در ساختمان
- ✓ آشنایی مهندسان با بکارگیری اصولی و نظام مند انرژی خورشیدی
- ✓ تامین مهارتهای مورد نیاز جهت طراحی و بهره برداری سیستمهای فتوولتائیک برای مهندسان

توانمندی های مورد انتظار

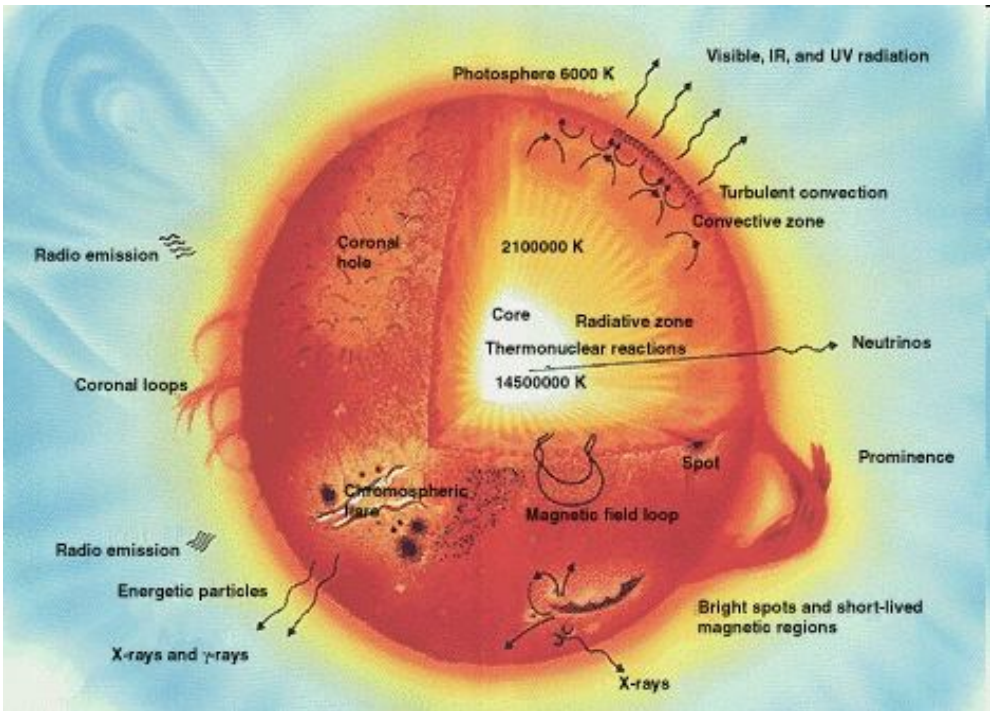
- ➢ انجام محاسبات پتانسیل سنجی برای بکارگیری سیستم های فتوولتائیک
- ➢ آشنایی با مبانی نظری سیستم های فتوولتائیک
- ➢ طراحی پایه سیستم های فتوولتائیک
- ➢ انجام تحلیل اقتصادی و محاسبات توجیه فنی - اقتصادی سیستم های فتوولتائیک

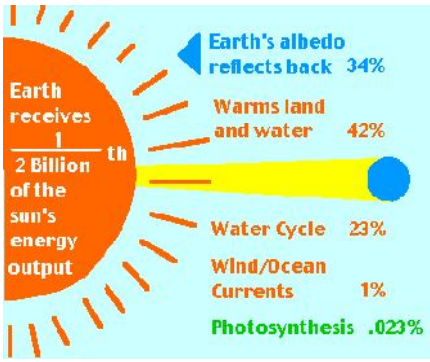
ضرورت اجرای دوره

- طراحی و بهره برداری بهینه از سیستمهای فتوولتائیک مستلزم برخورداری از دانش و مهارت مهندسی در زمینه سلولهای خورشیدی، سیستم های فتوولتائیک و انجام محاسبات توجیه پذیری فنی - اقتصادی است.
- در حال حاضر، مجموعه دانش و مهارت های مذکور بصورت نامنسجم در اختیار افراد با تخصصهای مختلف بوده که نیاز به تشکیل تیمهای بزرگی را برای طراحی و بهره برداری از سیستمهای فتوولتائیک ایجاد کرده است.
- با گسترش کاربرد سیستمهای فتوولتائیک، نیاز به چنان تیمهایی افزایش یافته و کمبود هر کدام از تخصصهای مرتبط می تواند مانع شکل گیری تیم و کند شدن فرآیند توسعه کاربرد این سیستمهای خواهد شد.
- این دوره آموزش، اطلاعات و ابزارهای تحلیلی مناسب را در اختیار شرکت کنندگان قرار خواهد داد تا بتوانند از آن برای طراحی، بهره برداری و مدیریت اجرای پروژه های سیستمهای فتوولتائیک استفاده کنند.

خورشید

- کره ای از گاز های داغ که قطر آن ۱۱۵ برابر زمین است.
- ۱۵۰ میلیون کیلومتر از زمین فاصله دارد.
- نورخورشید پس از ۸ دقیقه و ۲۰ ثانیه به زمین می رسد.
- دمای سطح خورشید ۵۷۶۰ درجه کلوین است.



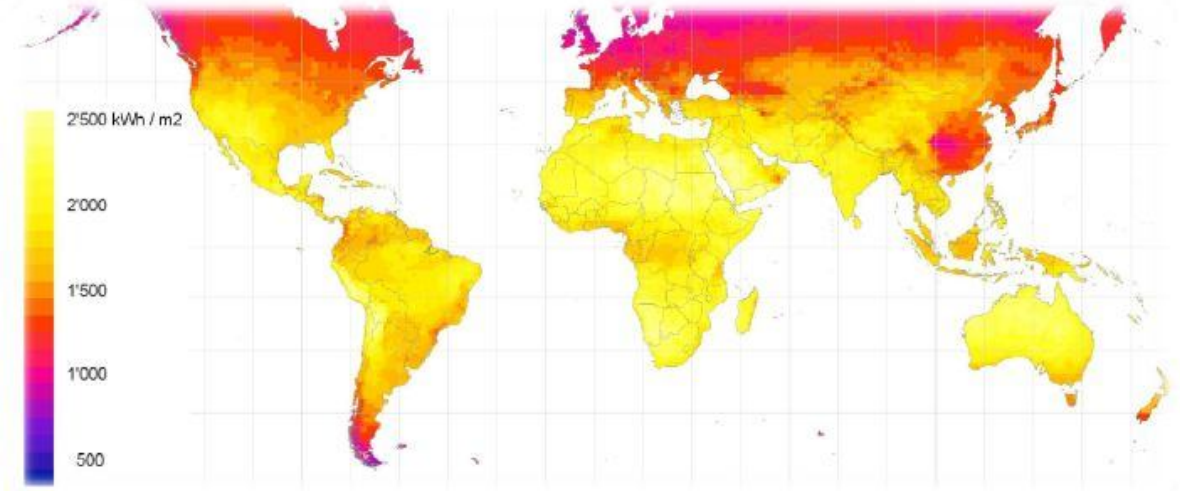


خورشید به عنوان منبع انرژی

- توان خورشید: 3.8×10^{20} MW
- شار انرژی خورشید: $63\text{MW}/m^2$
- آنچه زمین دریافت می کند: 1.7×10^{11} MW
- ۸۴ دقیقه استفاده از انرژی خورشید که به زمین می تابد برابر کل مصرف انرژی زمین در یک سال است!

توزیع تابش خورشید در سطح زمین

تنها ۲٪ از ظرفیت عملی تولید برق خورشیدی در بیابان های سراسر جهان برای تأمین انرژی تمامی کشورهای جهان کافی است.



پتانسیل انرژی خورشید در کشور

ایران با وجود ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم آن و متوسط تابش ۵/۵ – ۴/۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز، یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی می باشد.

اگر مساحتی معادل ۱۰۰×۱۰۰ کیلومترمربع زمین را به ساخت نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک اختصاص دهیم، برق تولیدی آن معادل کل تولید برق کشور در یک سال خواهد بود.

فناوری های انرژی خورشیدی

☜ جمع آوری تابش خورشید

☜ تبدیل انرژی خورشیدی

☜ ذخیره سازی انرژی خورشیدی

☜ انتقال انرژی خورشیدی

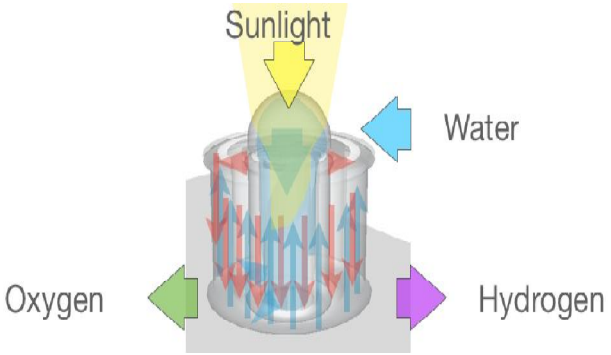
استفاده از انرژی خورشیدی

✧ استفاده از روشنایی نور خورشید

✧ استفاده از حرارت تابش خورشید

✧ تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی

✧ استفاده از انرژی خورشیدی در واکنش های شیمیایی



کاربرد انرژی خورشیدی در ساختمان : خانه های خورشیدی

Solar-powered residential buildings (SPRBs)

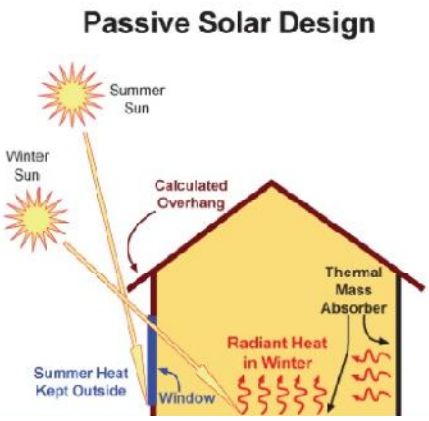
بر اساس روش های غیرفعال

روش های غیرفعال به استفاده طبیعی از انرژی خورشید بدون بکارگیری تجهیزات در جهت بهره گیری حداکثری از پتانسیل های محیطی خورشید می پردازند. این روشها میتوانند روشنایی بهتر را برای ساختمان ایجاد کنند. همچنین در بهبود شرایط آسایش حرارتی ساختمان ها در تابستان و زمستان بسیار موثر هستند.

بر اساس روش های فعال

در این روش ها با استفاده از تجهیزات خاص، از انرژی خورشید استفاده می شود. این روشها دارای قابلیت انعطاف بالاتر و البته هزینه های بیشتری نیز هستند.

روشهای غیرفعال



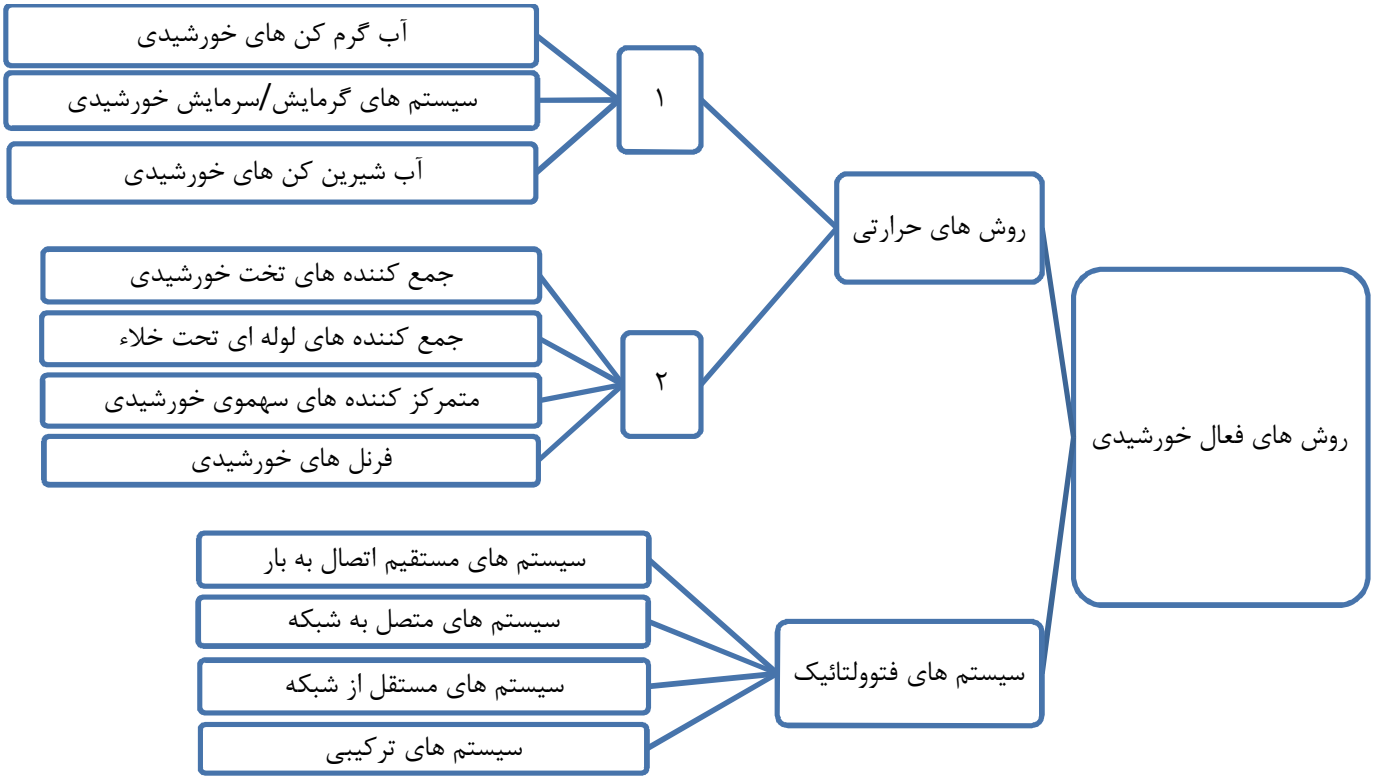
اهداف

- ✍ بهره گیری بهینه از نورخورشید در جهت تامین روشنایی ساختمان برای کاهش مصرف انرژی الکتریکی.
- ✍ بهره گیری بهینه از توان حرارتی تابش خورشید برای کاهش بار گرمایشی ساختمان در زمستان.
- ✍ جلوگیری از ورود تابش خورشید و گرم شدن بیش از حد ساختمان در تابستان برای کاهش بار سرمایشی مورد نیاز در تابستان.

اقدامات

- ❋ استفاده از سایه بان های مناسب بر اساس طراحی بهینه با توجه به مسیر خورشید.
- ❋ استفاده از دیوارهای خورشیدی برای ذخیره سازی انرژی حرارتی.
- ❋ جهت مناسب ساختمان، ابعاد بهینه و نوع پنجره ها، فضاهای نورگیر، استفاده از سیستم های انعکاس دهنده نور خورشید به درون ساختمان.

روشهای فعال



مطالب این دوره....

بخش اول: پتانسیل سنجی

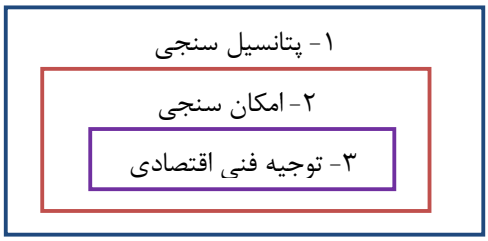
بخش دوم: سلول های فتوولتائیک

بخش سوم: سیستم های فتوولتائیک

بخش چهارم: تحلیل اقتصادی

بخش اول – پتانسیل سنجی

پتانسیل سنجی



- **تعریف**

تعیین میزان توان یا انرژی خورشیدی قابل استفاده در مکان و زمان مشخص

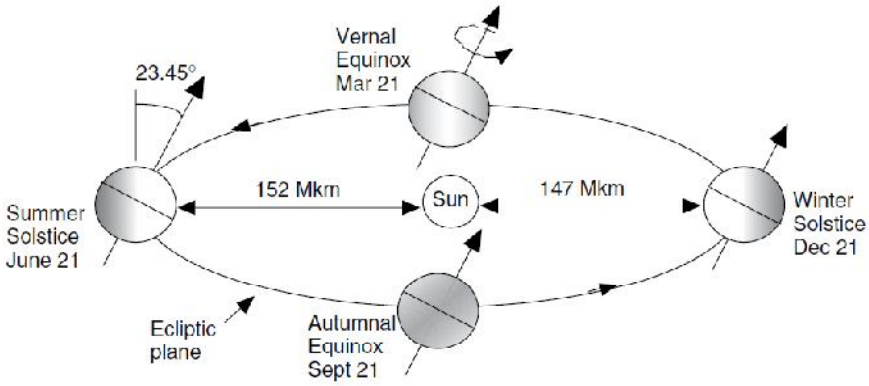
اهمیت شاخص ها در طراحی و توجیه اقتصادی سیستم

- **شاخص ها**

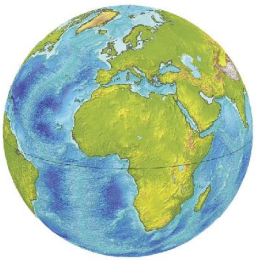
توان لحظه ای خورشیدی در واحد ← W/m2

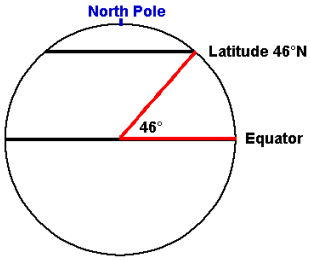
انرژی روزانه (سالیانه) خورشیدی در واحد سطح ← kWh/m2. Day

حرکت زمین به دور خورشید



عوامل موثر بر پتانسیل دریافت انرژی خورشیدی





- ✓ کجای زمین هستم؟ (عرض جغرافیایی L)
- ✓ چه روزی از سال هستم؟ (روز سال n)
- ✓ ساعت چند است؟ (زاویه ساعت h)

عرض جغرافیایی

فاصله زاویه ای یک نقطه روی سطح زمین نسبت به خط استوا

بر حسب درجه یا رادیان.

شماره روز

از اولین روز سال میلادی (اول ژانویه، ۱۰ دی n=1) شروع می شود و تا پایان سال افزایش می یابد.

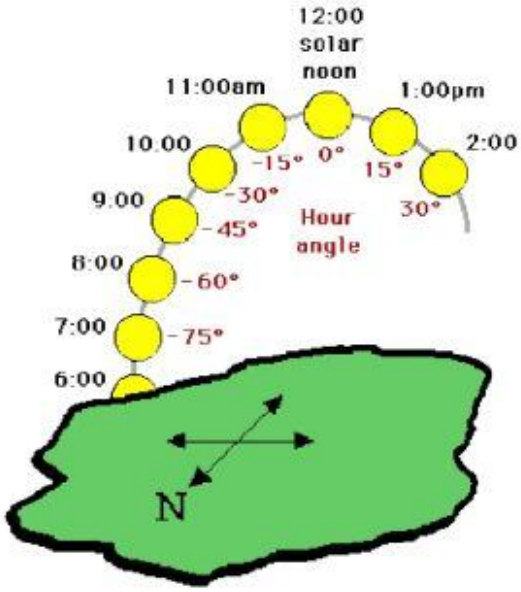
Julian Day Table

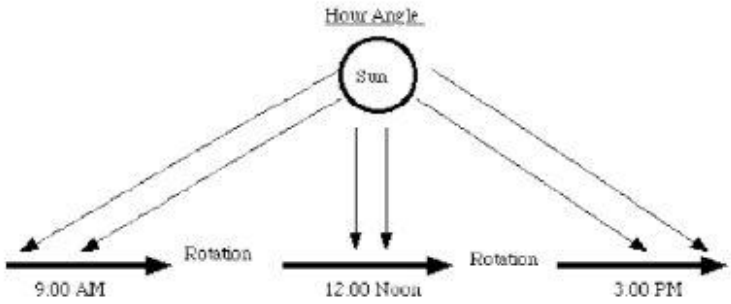
Add one to day number for leap years: 1972, 1976, 1980, 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012, 2016, 2020

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	001	032	060	091	121	152	182	213	244	274	305	335
2	002	033	061	092	122	153	183	214	245	275	306	336
3	003	034	062	093	123	154	184	215	246	276	307	337
4	004	035	063	094	124	155	185	216	247	277	308	338
5	005	036	064	095	125	156	186	217	248	278	309	339
6	006	037	065	096	126	157	187	218	249	279	310	340
7	007	038	066	097	127	158	188	219	250	280	311	341
8	008	039	067	098	128	159	189	220	251	281	312	342
9	009	040	068	099	129	160	190	221	252	282	313	343
10	010	041	069	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	011	042	070	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	012	043	071	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	013	044	072	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	014	045	073	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	015	046	074	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	016	047	075	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	017	048	076	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	018	049	077	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	019	050	078	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	020	051	079	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	021	052	080	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	022	053	081	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	023	054	082	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	024	055	083	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	025	056	084	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	026	057	085	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	027	058	086	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	028	059	087	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	029		088	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	030		089	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	031		090		151		212	243		304		365

زاویه ساعت

زاویه ساعت خورشیدی، زاویه ای است که خورشید باید به اندازه آن جابجا شود تا ظهر ظاهری در آن مکان ایجاد شود.





در ظهر ظاهری، مقدار زاویه صفر است

$$h = (15^0/h) \times (\text{hours from local solar noon})$$

پارامترهای مورد نیاز در محاسبات پتانسیل سنجی خورشیدی

❋ زاویه میل زمین δ (Declination angle)

$$\delta = 23.45 \sin\left[\frac{360}{365}(284 + n)\right]$$

❋ زاویه ارتفاع خورشیدی α (Zenith angle)

$$\sin\alpha = \sin L.\sin\delta + \cos L.\cos\delta.\cosh$$

❋ زاویه سمت Z (Azimuth angle)

$$\sin z = \frac{\cos\delta.\cosh}{\cos\alpha}$$

❋ طول روز L (day length)

$$L = \frac{2}{15}\cos^{-1}[-\tan L.\tan\delta]$$

شاخص اول : توان خورشیدی در واحد سطح

Air mass ratio

زاویه شیب صفحه

زاویه سمت صفحه نسبت به جنوب

$$I_C\left(\frac{W}{m^2}\right) = Ae^{-km}\left[\cos\alpha.\cos(z - Z_s)\sin\beta + \sin\alpha.\cos\beta + C\left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + \rho(\sin\beta + C)\left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right)\right]$$

شماره روز

ضریب بازتاب زمین

$$m = \frac{1}{\sin\alpha}$$

$$A = 1160 + 75\sin\left[\frac{360}{365}(n - 275)\right]$$

$$k = 0.174 + 0.035\sin\left[\frac{360}{365}(n - 100)\right]$$

$$C = 0.095 + 0.04\sin\left[\frac{360}{365}(n - 100)\right]$$

تابش خورشیدی شام سه بخش تابش مستقیم، تابش نفوذی و تابش منعکس شده از سطح زمین است

شاخص دوم – انرژی خورشیدی در واحد سطح در روز

ضریب صافی هوا

نسبت تابش نفوذ به تابش مستقیم

$$f(\bar{k}_T) = 1.390 - 4.0.27\bar{k}_T + 5.531\bar{k}_T^{\,2} - 3.108\bar{k}_T^{\,3}$$

$$\bar{I}_C\left(\frac{kWh}{m^2.day}\right) = \bar{k}_T\bar{I}_0\left(1 - f(\bar{k}_T)\right)\overline{R_B} + \bar{k}_T\bar{I}_0 f(\bar{k}_T)\left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + \rho\bar{k}_T\bar{I}_0\left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right)$$

فاکتور شیب صفحه جمع کننده خورشیدی

$$\overline{R_B} = \frac{\cos(L-\beta)\cos\delta\sin h_{ss} + \frac{\pi}{180}h_{ss}\sin(L-\beta)\sin\delta}{\cos L\cos\delta\sin\left(\frac{l}{2}\right) + \frac{\pi}{180}\left(\frac{l}{2}\right)\sin L\sin\delta}$$

$$h_{ss} = \min\left\{\left(\frac{l}{2}\right), \cos^{-1}(-\tan(L-\beta)\tan\delta)\right\}$$

تابش فراجو رو سطح افقی موازی سطح زمین

$$\bar{I}_0 = \left(\frac{24}{\pi}\right)Sc\left[1 + 0.034\cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right]\left(\cos L\cos\delta\sin\left(\frac{l}{2}\right) + \left(\frac{l}{2}\right)\sin L\sin\delta\right)$$

مثال ۱: پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی برای شهر اصفهان

ورودی ها

عرض جغرافیایی: ۳۲.۶۸ درجه شرقی
ضریب صافی هوا در مرداد: ۰.۵۸
شماره روز: ۱۹۵
زاویه صفحه : ۰ درجه

محاسبه پارامتر های مورد نیاز

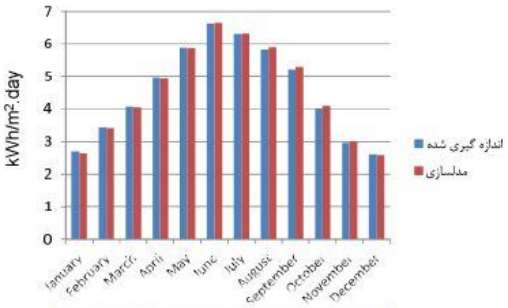
زاویه میل: ۲۱.۶۷ درجه
طول روز خورشیدی ۱۴ ساعت

خروجی

انرژی تابش خورشید در ماه مرداد : ۶.۳۲ kWh/m²day

مقایسه مقادیر مدلسازی با مقادیر اندازه گیری شده توسط سازمان هواشناسی

ماه	انرژی تابش خورشید روی سطح افقی kWh/m².day مرکز ازن، شیمی جو و آلودگی هوای اصفهان		
	اندازه گیری شده	مدل ارائه شده	خطا
January	۲.۶۹	۲.۶۴	-۱.۸۹
February	۳.۴۴	۳.۴۲	-۰.۵۸
March	۴.۰۸	۴.۰۶	-۰.۴۹
April	۴.۹۷	۴.۹۴	-۰.۶۱
May	۵.۸۸	۵.۸۷	-۰.۱۷
June	۶.۶۳	۶.۶۵	۰.۳۰
July	۶.۳	۶.۳۲	۰.۳۲
August	۵.۸۳	۵.۹۰	۱.۱۹
September	۵.۲۲	۵.۳۰	۱.۵۱
October	۴.۰۲	۴.۱۰	۱.۹۵
November	۲.۹۶	۳.۰۰	۱.۳۳
December	۲.۶۱	۲.۵۸	-۱.۱۶



پتانسیل سنجی با استفاده از اطلاعات سایت ناسا

https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/

ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER

Surface meteorology and Solar Energy
A renewable energy resource web site (release 6.0)
sponsored by NASA's Earth Science Enterprise Program

NASA

A collaboration with the CANMET Energy Technology Centre - Varennes (CETC-Varennes) has produced data output useful to users of the RETScreen® International Clean Energy Project Analysis Software.

To access data for RETScreen:
Enter BOTH latitude and longitude either in decimal degrees or degrees and minutes separated by a space.

Example:
Latitude?
Longitude?
Submit Reset *This form is "Reset" if the input is out of range.*

Latitude 33.5
Longitude -80.75

OR

Latitude 33 30
Longitude -80 45

North: 0 to 90
East: 0 to 180

South: 0 to -90
West: 0 to -180

Learn more about the NASA Surface meteorology and Solar Energy Data Set

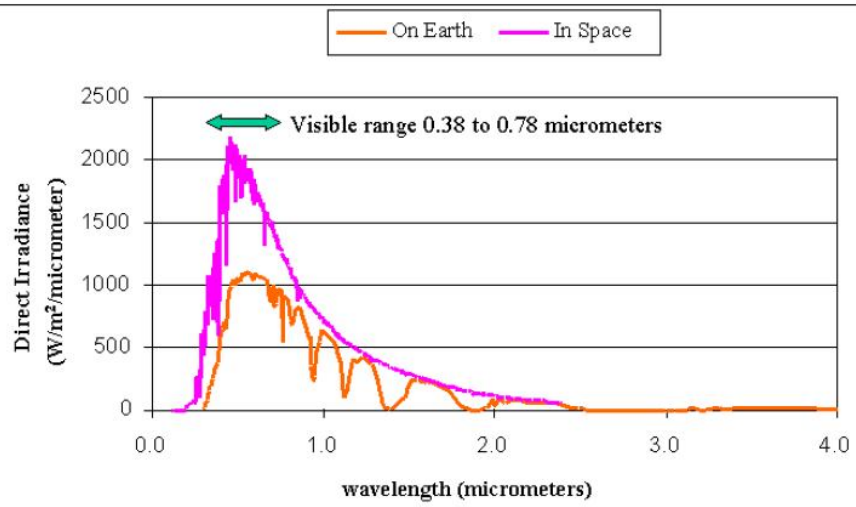
Responsible Officials Data: Paul W. Stackhouse, Jr., Ph.D. Charles H. Whitlock, Ph.D.
Archive: John M. Kusterer
Site Administration/Help: NASA Langley ASDC User Services (larc@eos.nasa.gov)
(Privacy Policy and Important Notices)
Last Updated March 26, 2008

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m²/day)

Lat 32.68 Lon 51.68	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
22-year Average	3.25	4.38	5.09	5.98	6.85	7.50	7.07	6.74	5.98	4.67	3.50	2.99

بخش دوم – سلول های فتوولتائیک

تعریف: تبدیل نور خورشید به انرژی الکتریکی بدون مراحل حرارتی میانی و به طور مستقیم

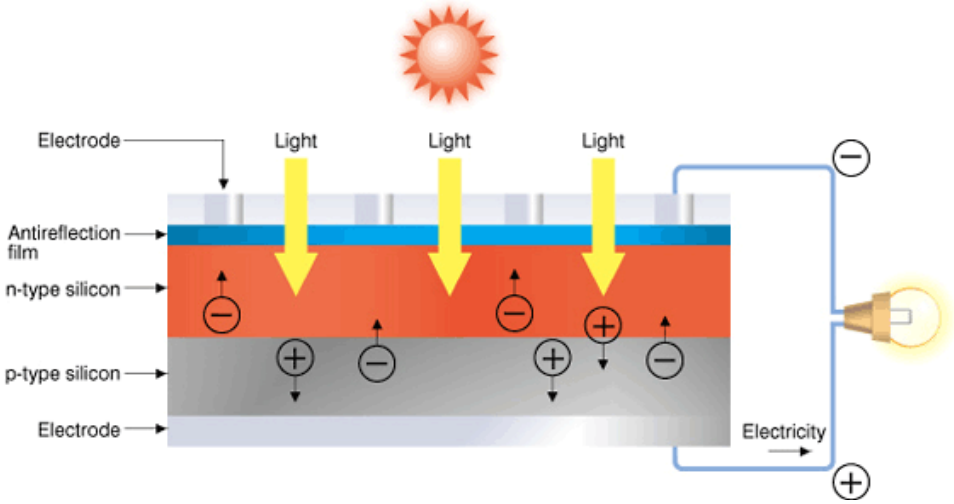


48% of the total radiation- Visible , 6% - UV and 46%- IR

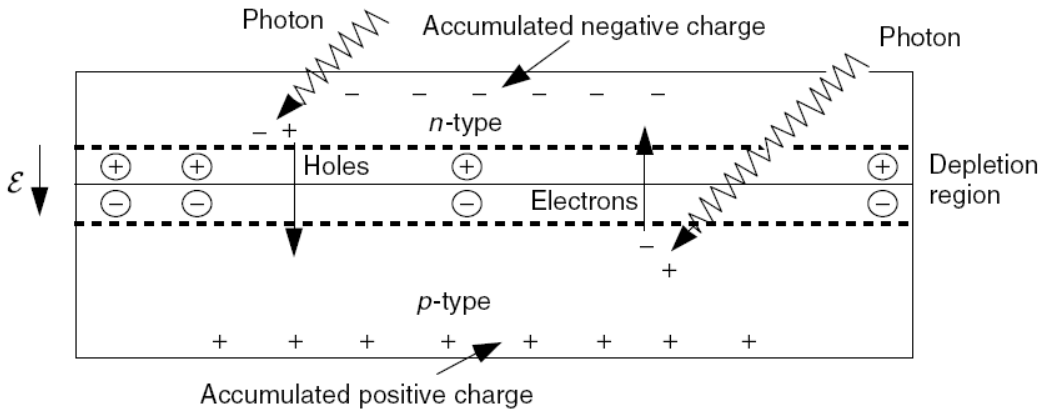
Annual average radiation 1,366 W/m2 in space (Called the Solar Constant)

تبدیل انرژی تابش خورشید به انرژی الکتریکی به طور مستقیم

Edmund Becquerel, 1839



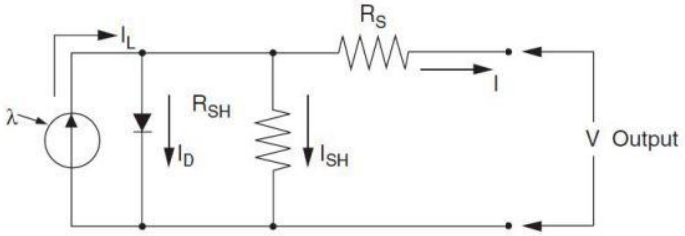
اصول عملکرد سلول های فتوولتائیک



When photons create hole–electron pairs near the junction, the electric field in the depletion region sweeps holes into the p-side and sweeps electrons into the n-side of the cell.

مدل سلول های فتوولتائیک

مدار معادل سلولهای فتوولتائیک از یک منبع جریان و دیود به همراه یک مقاومت سری و یک مقاومت موازی تشکیل شده است.



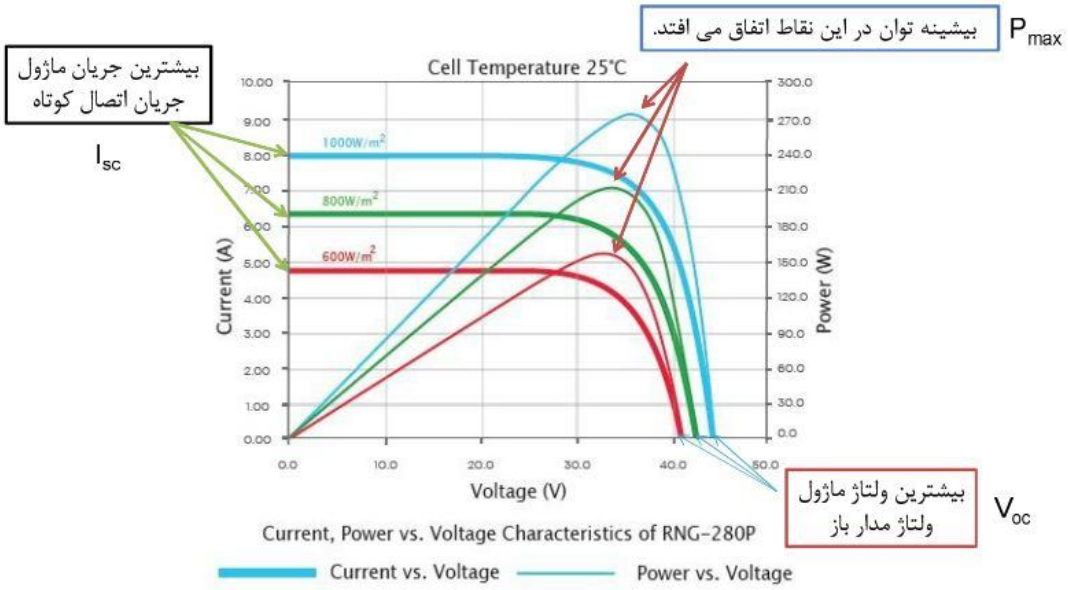
$$I = I_L - I_0\left\{exp\left[\frac{V+IR_s}{V_T}\right]-1\right\} - \frac{V+IR_s}{R_{SH}} \qquad V_T = \frac{KT}{q} = 1/38.9$$

generated by the illumination

diode current

leakage current to the ground

منحنی توان سلول و ماژول های فتوولتائیک



راندمان سلول های فتوولتائیک

راندمان سلول های فتوولتائیک: میزان توان الکتریکی در تابش ۱۰۰۰ وات

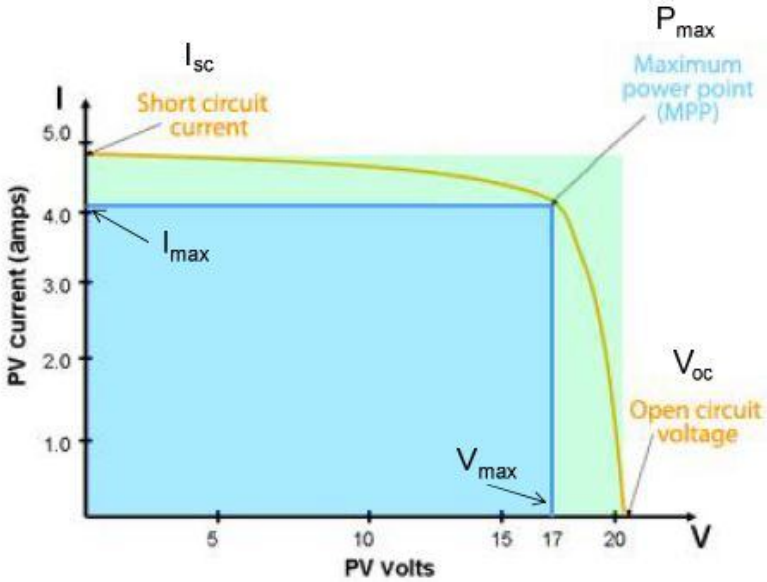
راندمان — توان بیشینه

$$\eta = \frac{P_{max}}{A \times 1000\frac{W}{m^2}}$$

مساحت

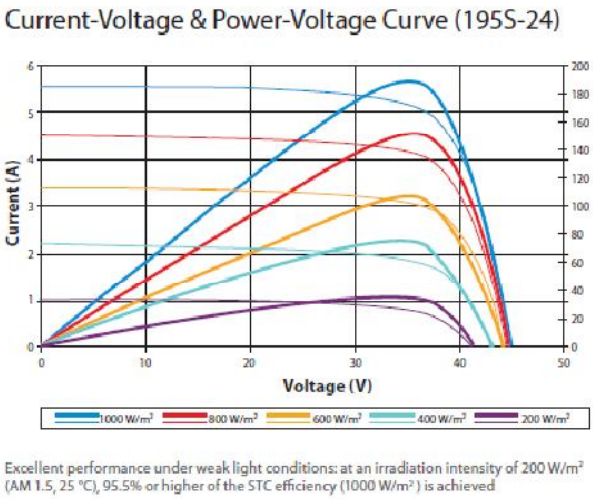
$$FF = \frac{P_{max}}{I_{SC}V_{OC}} = \frac{I_{max}V_{max}}{I_{SC}V_{OC}}$$

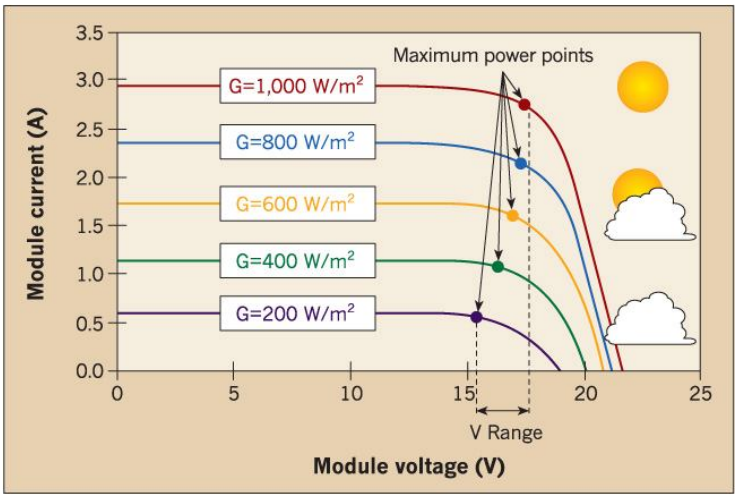
Fill Factor



اثر میزان تابش روی عملکرد سلول های فتوولتائیک

تغییر تابش به صورت خطی توان سلول های فتوولتائیک را کاهش می دهد.



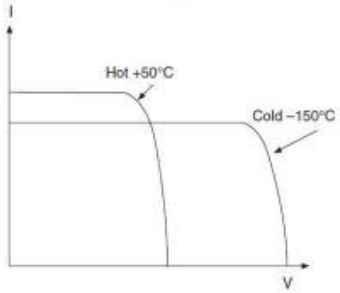


اثر دما برعملکرد سلول های فتوولتائیک

افزایش دما، موجب کاهش عملکرد سلول های فتوولتائیک می شود. برای محاسبه میزان افت عملکرد سلول در دماهای سلول بالای ۲۵ درجه سانتیگراد، مقادیر زیر که برای هر پانل خورشیدی به طور مستقل اندازه گیری می شود، بکار می رود.

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)		45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	α	-0.45 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	β	-0.34 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	γ	0.050 %/°C

اگر دمای محیط ۲۰ درجه سانتیگراد باشد و میزان تابش ۰.۸ کیلووات بر متر مربع باشد، دمای سلول برابر NOCT خواهد بود.



دمای ماژول — دمای محیط

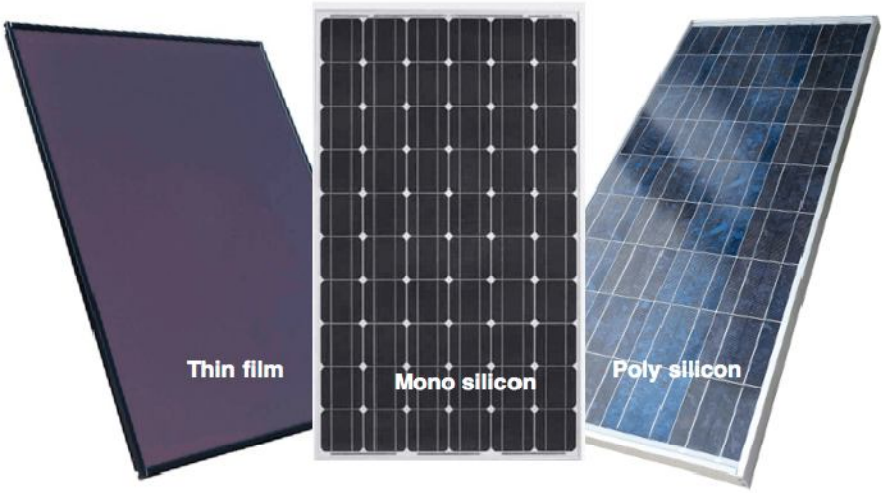
$$T_{cell} = T_{amb} + \frac{(NOCT - 20)}{0.8} \times S$$

میزان تابش

$$P = P^0(1 - \alpha(T_{cell} - 25))$$

توان خروجی ماژول — توان ماژول وقتی دمای ماژول ۲۵ درجه سانتیگراد است — دمای ماژول

انواع سلول های فتوولتائیک



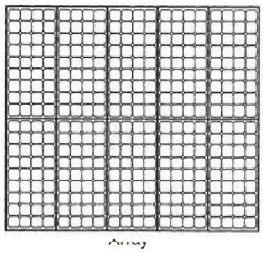
۱. مونو کریستال: از کریستال خالص سلیکون ساخته می شوند. حدود ۱۵٪ تا ۲۰٪ راندمان دارند، در آب و هوای گرم عملکرد بهتری دارند، قیمت آنها نسبتاً بالاتر است.

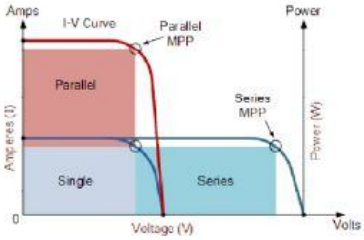
۲. پلی کریستال: از دانه های مختلف تک کریستال ساخته می شوند. راندمان آنها حدود ۱۳- ۱۶٪ می باشد. در آب و هوای گرم عملکرد آنها تحت تاثیر قرار می گیرد. قیمت نسبتاً پائین تری دارند.

۳. لایه نازک: ساختار کریستالی منظمی ندارند و در ضخامت های کم ساخته می شوند. تا حدی قابل انعطاف هستند و می توان آنها را روی سطوح مختلف بکار گرفت. اما راندمان پائینی دارند (حدود ۷٪)

از سلول فتوولتائیک به سوی سیستم فتوولتائیک!

- ❖ از اتصال سری چندین سلول به یکدیگر ماژول تولید می شود.
- ❖ ماژول ها می توانند به صورت سری یا موازی به هم متصل شوند.
- ❖ از ترکیب ماژول ها، آرایه به دست می آید.





بخش سوم – سیستم های فتوولتائیک

سیستم های فتوولتائیک

برای اینکه از انرژی خورشیدی برای تامین تقاضای انرژی الکتریکی استفاده کنیم، علاوه بر سلول های فتوولتائیک به اجزاء دیگری هم نیاز است که تشکیل سیستم فتوولتائیک را می دهند.

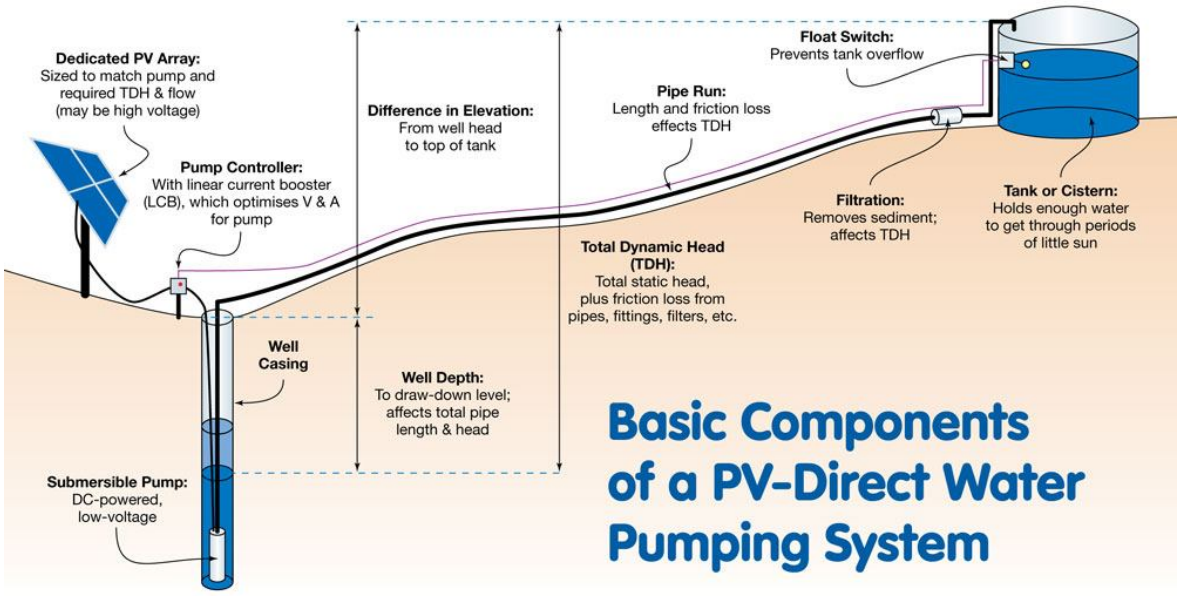
انواع سیستم های فتوولتائیک

- سیستم های اتصال مستقیم
- سیستم های متصل به شبکه
- سیستم های مستقل از شبکه
- سیستم های ترکیبی

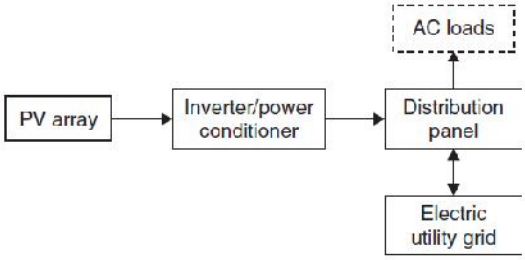
عوامل موثر بر طراحی سیستم

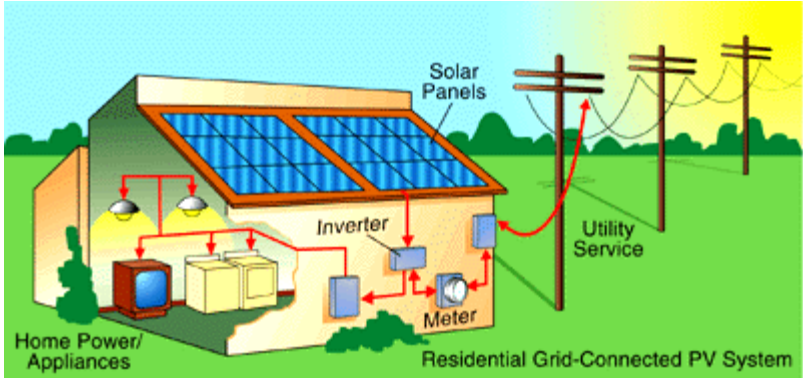
- ✓ میزان و الگوی تقاضا
- ✓ دسترسی به شبکه برق
- ✓ میزان دسترسی به زمین
- ✓ شرایط محیطی (میزان تابش، دمای هوا و ...)

حالت اول: اتصال مستقیم پانل های فتوولتائیک به بار



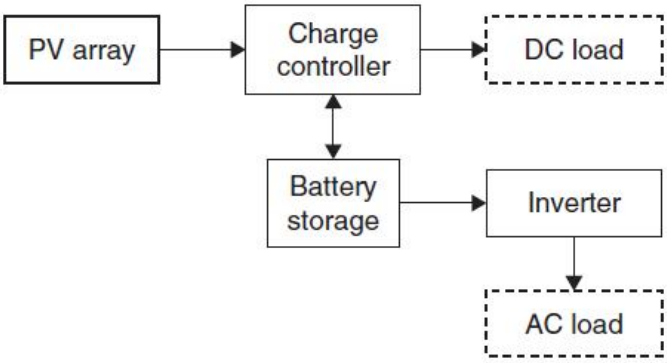
حالت دوم: سیستم های فتوولتائیک متصل به شبکه

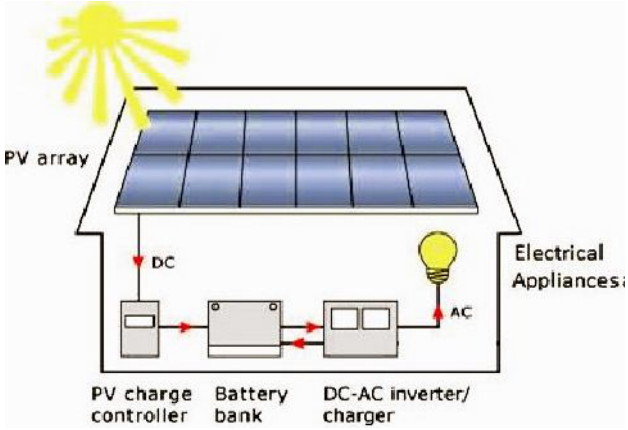




حالت سوم: سیستم های فتوولتائیک مستقل از شبکه

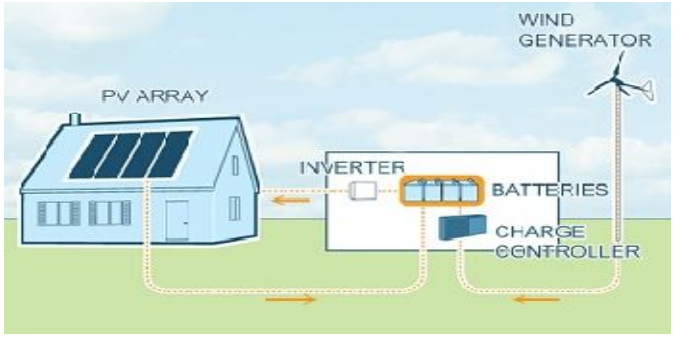
برای نواحی دورافتاده و ساختمانهایی که به شبکه سراسری برق دسترسی ندارند.

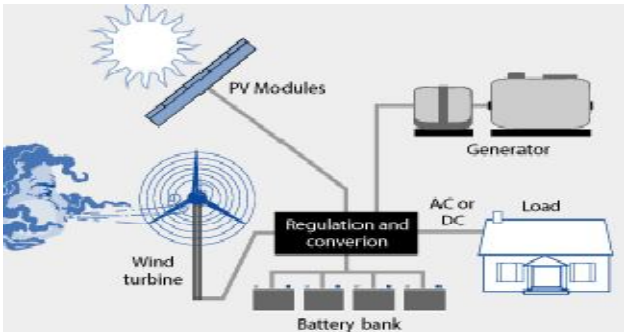




حالت چهارم: سیستم های فتوولتائیک ترکیبی

- کاهش نوسانات در سیستم عرضه انرژی
- کاهش ابعاد سیستم ذخیره ساز انرژی
- بهبود توجیه پذیری اقتصادی سیستم
- امکان استفاده از کلیه پتانسیل های انرژی های محیطی

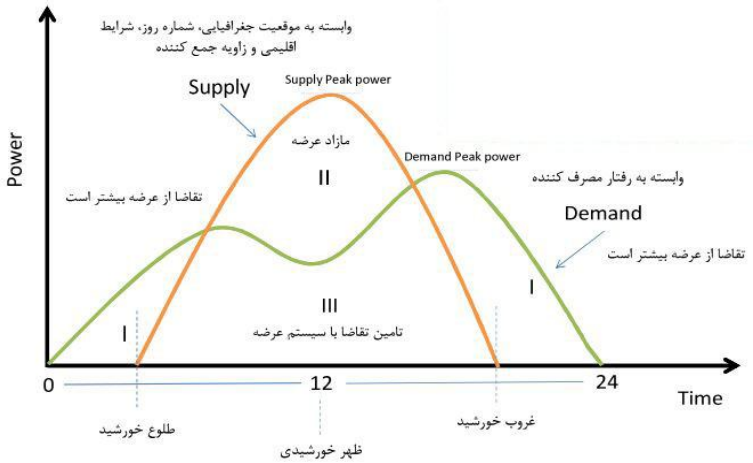




تخمین تقاضا

روش های تخمین تقاضا

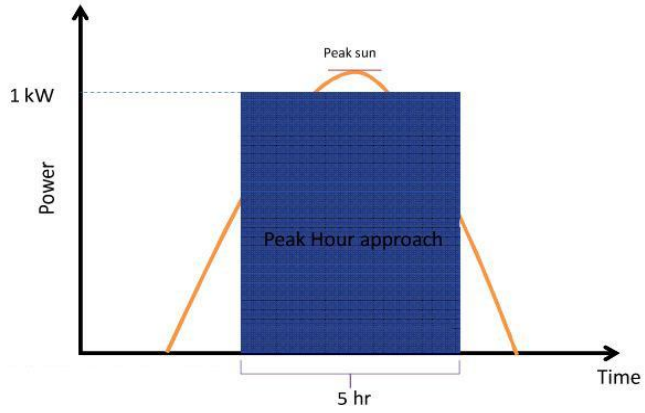
- استفاده از برچسب تجهیزات (توان نامی)
- اندازه گیری استفاده از دستگاه توان سنج
- شبیه سازی تقاضا با کمک مدل های ریاضی



روش ساعت پیک برای طراحی سیستم عرضه

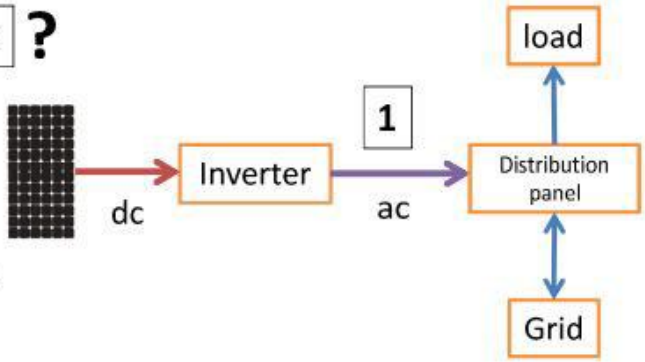
اصل حاکم: 5 kWh/m2.day معادل ۵ ساعت تابش 1 kW/m در یک روز است.

کل انرژی روزانه = توان فتووتائیک × ساعاتی که تابش ۱۰۰۰ وات بر متر مربع می باشد



طراحی سیستم های متصل به شبکه

اینتورتر: مبدل جریان dc به جریان ac



توان ac مورد نیاز — تخمین تقاضا

$$\boxed{1}\quad P_{ac}(kW) = \frac{Energy\ demand\ (kwh/day)}{\frac{h}{day}\ of\ peak\ Sun}$$

پتانسیل سنجی

توان dc مورد نیاز (پانل های فتوولتا ئیک)

$$\boxed{2}\quad P_{dc}(kW) = \frac{P_{ac}(kW)}{Conversion\ Efficiency}$$

راندمان تبدیل وابسته به موارد زیر است:

- راندمان اینورتر
- اثر دما
- اثر گرد و غبار
- مقاومت الکتریکی سیم ها و اتصالات
- ....

مساحت زمین مورد نیاز برای نصب پانل های فتوولتائیک

$$A(m^2) = \frac{P_{dc}(kW)}{1\left(\frac{kW}{m^2}\right).\eta}$$

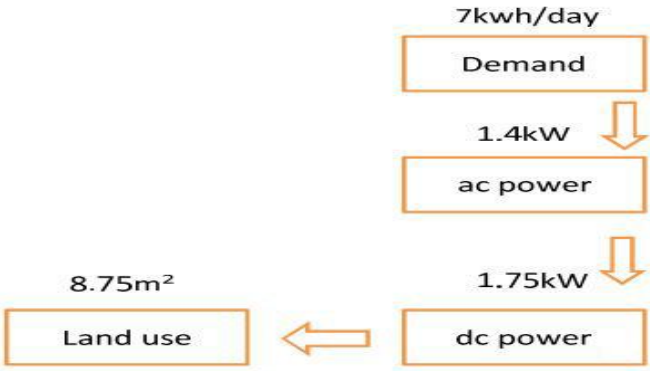
مشخصات پانل فتوولتائیک

مثال: تقاضای یک واحد مسکونی کوچک ۷ کیلووات ساعت در روز می باشد. در صورتی کـه رانـدمان تبـدیل انـرژی ۸۰ درصـد و راندمان پانل ها ۲۰ درصد باشد، ظرفیت پانل خورشیدی مورد نیاز و مساحت مورد برای نصب پانل ها را به دست آورید. پتانسیل تابش خورشیدی در مکان مورد نظر ۵ کیلووات ساعت در متر مربع در روز است.

$$P_{ac}(kW) = \frac{7\left(\frac{kwh}{day}\right)}{5\frac{h}{day} of\ peak\ Sun} = 1.4kW$$

$$P_{dc}(kW) = \frac{1.4(kW)}{0.8} = 1.75kW$$

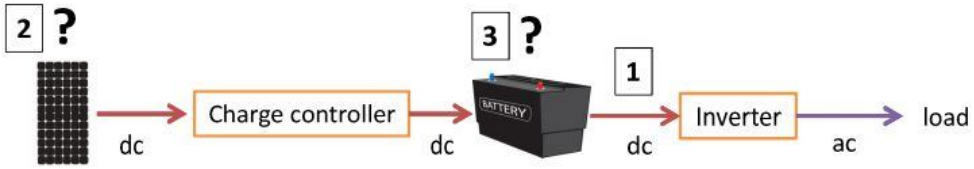
$$A(m^2) = \frac{1.78(kW)}{1\left(\frac{kW}{m^2}\right) \times 0.2} = 8.75m^2$$



طراحی سیستم های مستقل از شبکه

باتری: برای ذخیره سازی انرژی الکتریکی در زمان هایی که انرژی خورشیدی قادر به تامین تقاضا نیست.

شارژ کنترلر: مدیریت شارژ و تخلیه بهینه باتری که منجر به افزایش طول عمر باتری ها و مدیریت بهینه سیستم خواهد شد.



تعیین ظرفیت باتری بر اساس آمپر ساعت Ah به جای کیلووات ساعت تعیین می شود. بدترین حالت زمـانی اسـت کـه طـی روز تولید کنیم و در شب مصرف کنیم. ظرفیت را برای این حالت محاسبه می شود.

1

$$Battery\ output\ (Ah) = \frac{Energy\ demand\ (\frac{Wh}{day})}{conversion\ efficiency \times system\ voltage\ (V)}$$

اثر دما
اثر بیشینه مقدار تخلیه باتری

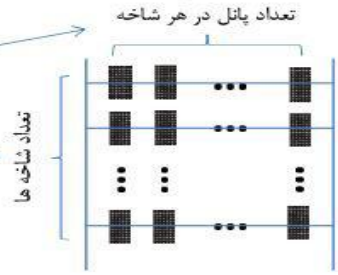
2

مقدار Ah که هر شاخه از پانل های خورشیدی تامین می کند — جریان هر شاخه — پتانسیل سنجی

$$Unit\ PV\ string\ output\ (Ah) = I_R \times \frac{h}{day} Peak\ Sun \times \eta_{conversion} \times \eta_{storage}$$

$$Number\ of\ PV\ in\ each\ string = \frac{System\ Voltage}{PV\ panel\ Voltage}$$

$$Number\ of\ PV\ string = \frac{Battery\ output\ (Ah)}{PV\ string\ output\ (Ah)}$$

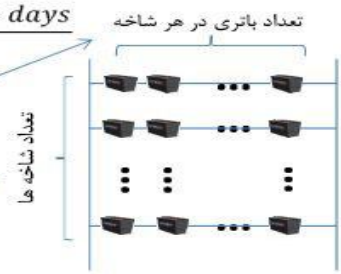


3

$$Battery\ Capacity\ (Ah) = \frac{Battery\ output\ (Ah) \times nominal\ storage\ days}{storage\ efficiency}$$

$$Number\ of\ Battery\ in\ each\ string = \frac{System\ Voltage}{Battery\ voltage}$$

$$Number\ of\ Battery\ string = \frac{Battery\ capacity\ (Ah)}{Unit\ battery\ capacity\ (Ah)}$$



مثال: یک سیستم فتوولتائیک مستقل از شبکه برای تامین تقاضای ۷۰۰۰ وات ساعت با کمک پانل های ۲۰۰ واتی (۲۴ ولـت) و باتری های ۱۰۰ آمپر ساعتی (۱۲ ولت) طراحی کنید. سیستم باید بتواند تقاضا را برای دو روز بدون نیاز به خورشید پاسخ گوید. ولتاژ سیستم را ۴۸ ولت در نظر می گیریم.

1

$$Battery\ output\ (Ah) = \frac{7000\ (\frac{Wh}{day})}{0.8 \times 48\ (V)} = 182Ah$$

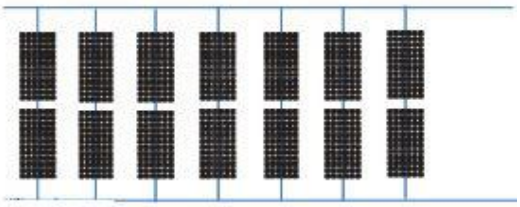
2

$$Unit\ PV\ string\ output\ (Ah) = 8.3A \times 4.5\frac{h}{day} Peak\ Sun \times 0.8 \times 0.9 = 26.8\ Ah$$

$$Number\ of\ PV\ string = \frac{182\ (Ah)}{26.8\ (Ah)} = 6.8 \approx 7$$

$$Number\ of\ PV\ in\ each\ string = \frac{48}{24} = 2$$

7× 2 PV



3

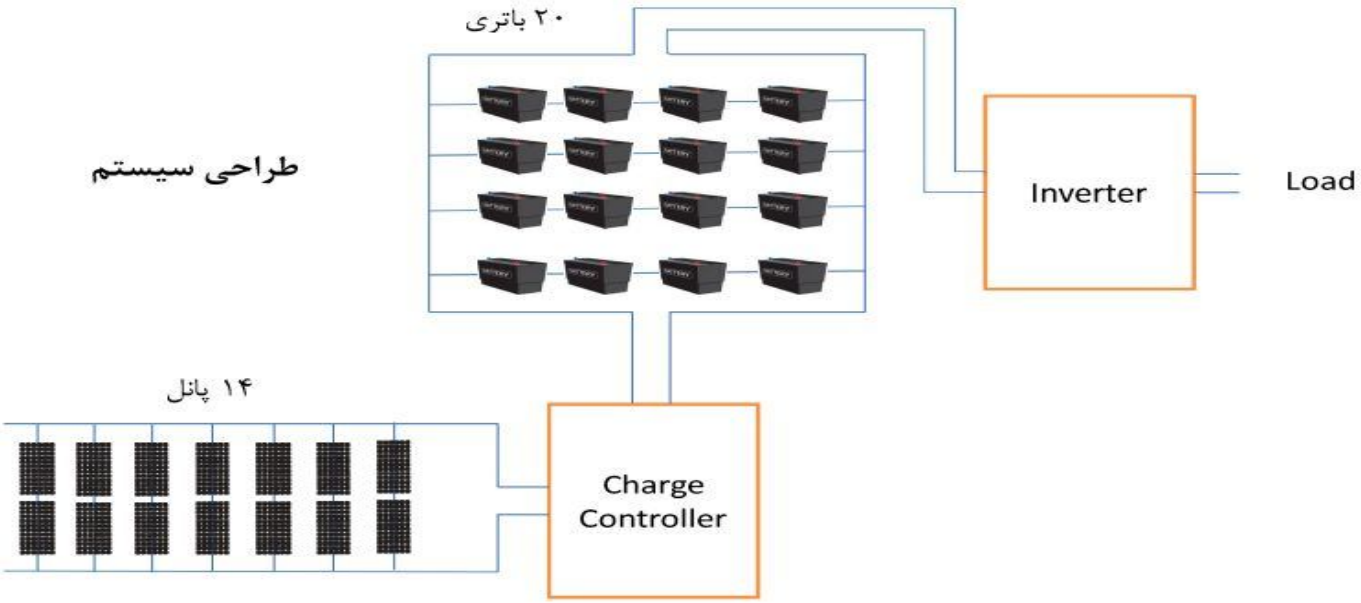
$$Battery\ Capacity\ (Ah) = \frac{182\ (Ah) \times 2}{0.8} = 455Ah$$

$$Number\ of\ Battery\ string = \frac{455\ (Ah)}{100\ (Ah)} = 4.55 = 5$$

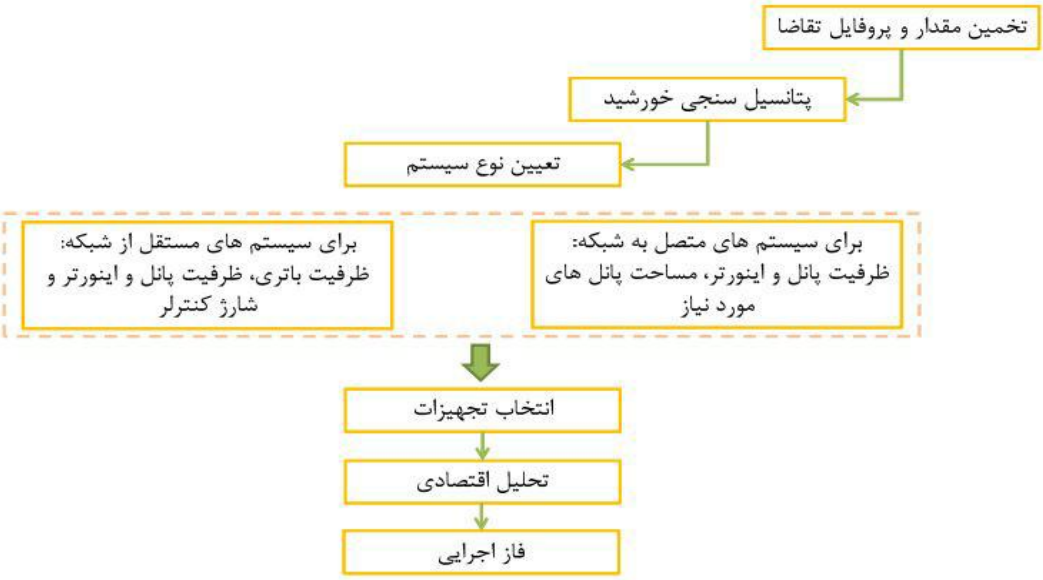
$$Number\ of\ Battery\ in\ each\ string = \frac{48}{12} = 4$$

5×4=20 battery

طراحی سیستم



جمع بندی: الگوریتم طراحی



بخش چهارم - ملاحظات اقتصادی

شاخص های اقتصادی برای تحلیل سیستم های فتوولتائیک

هزینه سرمایه گذاری (Investment cost)

زمان بازگشت سرمایه (Simple payback period)

نرخ بازگشت سرمایه (Simple rate of return)

هزینه واحد انرژی تولید شده (Levelized cost of Electricity)

نرخ بازگشت سرمایه داخلی (Internal rate of return)

ارزش کنونی سرمایه (Net present value)

پارامتر های تحلیل اقتصادی

- هزینه های سیستم فتوولتائیک:
  - هزینه سرمایه گذاری اولیه
  - هزینه بهره برداری (تعمیر، تعویض و نگهداری)
- درآمد های ناشی از سیستم فتوولتائیک:
  - فروش برق به شبکه سراسری
  - هزینه سوخت اجتناب شده
  - مشوق های دولتی

هزینه های سیستم فتوولتائیک

هزینه سیستم های فتوولتائیک شامل موارد زیر است:

- هزینه پانل های فتوولتائیک
- هزینه سازه های نگهدارنده (استقرار ثابت یا متحرک)
- هزینه تجهیزات الکتریکی که وابسته به نوع سیستم می باشد (BOS).
- هزینه های نیروی انسانی (طراحی و نصب و ...)

- هزینه پانل بین یک سوم تا نصف کل هزینه سرمایه گذاری سیستم می باشد.
- هزینه ماژول درحال حاضر بین ۰/۷ تا ۱ دلار به ازاء کیلووات است.
- هزینه واحد انرژی بین ۲۵ تا ۳۵ سنت برای کیلووات ساعت است.
- هزینه بهره برداری سیستم های فتوولتائیک شامل تمیز کردن پانل ها، بررسی اتصالات و تعویض باتری ها است. و عمده هزینه بهره برداری مربوط به تعویض باتری ها است.

۱	ماژول های فتوولتائیک	۳- ۳/۵ میلیون تومان به ازاء هر کیلووات
۲	اینورتر	۱-۲ میلیون تومان به ازاء هر کیلووات
۳	شارژ کنترلر	۰/۵ تا ۱ میلیون تومان به ازاء هر کیلووات
۴	باتری	۵۰-۸۰ هزار تومان به ازاء هر کیلووات ساعت. برای هر کیلووات سیستم خورشیدی ۲ تا ۵ کیلووات ساعت باتری مورد نیاز است. هر ۵ تا ۱۰ سال باتری ها نیاز به تعویض دارند.
۵	سازه نگهدارنده	۰/۵ تا ۱/۵ میلیون تومان به ازاء هر کیلووات
۶	سایر هزینه ها: کابل، کلید و اتصالات الکتریکی و ...	وابسته به پروژه (حدود ۲۰ درصد)
حدود هزینه سیستم های متصل به شبکه به ازاء هر کیلووات ساعت		۶-۸ میلیون تومان
حدود هزینه سیستم های مستقل از شبکه به ازاء هر کیلووات ساعت		۸-۱۲ میلیون تومان

درآمد ناشی از سیستم فتوولتائیک

تعرفه خرید تضمینی برق (ریال بر کیلووات ساعت)	ظرفیت سیستم فتوولتائیک
۵۶۰۰	مزرعه خورشیدی با ظرفیت بیش از ۱۰ مگاوات
۶۷۵۰	مزرعه خورشیدی با ظرفیت ۱۰ مگاوات و کمتر
۸۷۳۰	سیستم خورشیدی با ظرفیت ۱۰۰ کیلووات و کمتر (مختص مشترکین برق و محدود به ظرفیت انشعاب)
۹۷۷۰	سیستم خورشیدی با ظرفیت ۲۰ کیلووات و کمتر (مختص مشترکین برق و محدود به ظرفیت انشعاب)

محاسبات اقتصادی

هزینه سرمایه گذاری سیستم های متصل به شبکه

پانل ها — اینورتر — سازه نگهدارنده — تجهیزات جانبی

$$I_{GC} = I_{PV} + I_{Inv} + I_s + I_a$$

هزینه سرمایه گذاری سیستم های مستقل از شبکه

شارژ کنترلر — باتری

$$I_{SA} = I_{PV} + I_{SC} + I_{Inv} + I_{Bat} + I_s + I_a$$

زمان بازگشت سرمایه

$$Pay\ back\ (years) = \frac{total\ System\ cost}{Annual\ Energy\ Delivered\ \times Cost\ of\ Electricity}$$

هزینه واحد انرژی

$$LCE\ (\frac{\$}{kWh}) = \frac{total\ system\ cost}{total\ energy\ deliverd\ at\ life\ time}$$

زمان بازگشت سرمایه

یک سیستم فتوولتائیک ۵ کیلوواتی متصل به شبکه با هزینه ۳۰ میلیون تومان برای فروش برق به شبکه در شهر اصفهان ساخته شده است. زمان بازگشت سرمایه آنرا به دست آورید.

$$simple\ payback\ period = \frac{30000000 toman}{\frac{4.5kWh}{1kW.day} \times 5kW \times 365day \times 977toman/kWh} = 3.7\ years$$

یک سیستم فتوولتائیک ۵ کیلوواتی مستقل از شبکه با هزینه ۵۰ میلیون تومان برای تامین انرژی الکتریکی یک منزل مسکونی که پیش از این با کمک دیزل ژنراتور نیاز انرژی خود را تامین می نمود ساخته شده است. اگر هزینه برق تولیدی دیزل ژنراتور ۱۵۰۰ تومان برای هر کیلووات ساعت باشد، زمان بازگشت سرمایه آنرا به دست آورید.

$$simple\ payback\ period = \frac{50000000 toman}{\frac{4.5kWh}{1kW.day} \times 5kW \times 365day \times 1500toman/kWh} = 4\ years$$

باتری ها هر ۵ سال نیاز به تعویض دارند که این نکته هزینه اضافی برای سیستم در طول عمر آن به همراه خواهد داشت.

هزینه واحد انرژی

سرمایه گذاری بدون در نظر گرفتن سود سرمایه

یک سیستم فتوولتائیک ۵ کیلوواتی متصل به شبکه با هزینه ۳۰ میلیون تومان ساخته شده است. هزینه واحد انرژی تولید شده چه مقدار است؟

$$LCE\ \left(\frac{toman}{kWh}\right) = \frac{30000000 toman}{\frac{4.5kWh}{1kW.day} \times 5kW \times 365\ \frac{day}{year} \times 25\ years} = 146\ toman/kWh$$

از هزینه بهره برداری صرفنظر شده است.

سرمایه گذاری با وام بانکی

یک سیستم فتوولتائیک ۵ کیلوواتی متصل به شبکه با هزینه ۳۰ میلیون تومان که از بانک با سود ۱۴ درصد وام گرفته شده است ساخته شده است. هزینه واحد انرژی تولید شده چه مقدار است؟

apital ecovery actor

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{0.14(1+0.14)^{20}}{(1+0.14)^{20} - 1} = 0.151\ /year$$

ضریب نرخ بازپرداخت سالیانه

اقساط ماهیانه ۳۷۷ هزار تومان

فرض کنید طول عمر ۳۵ سال باشد. اگر طول عمر ۲۵ سال بود هزینه ۴۴۱ تومان به ازاء هر کیلووات ساعت می شد.

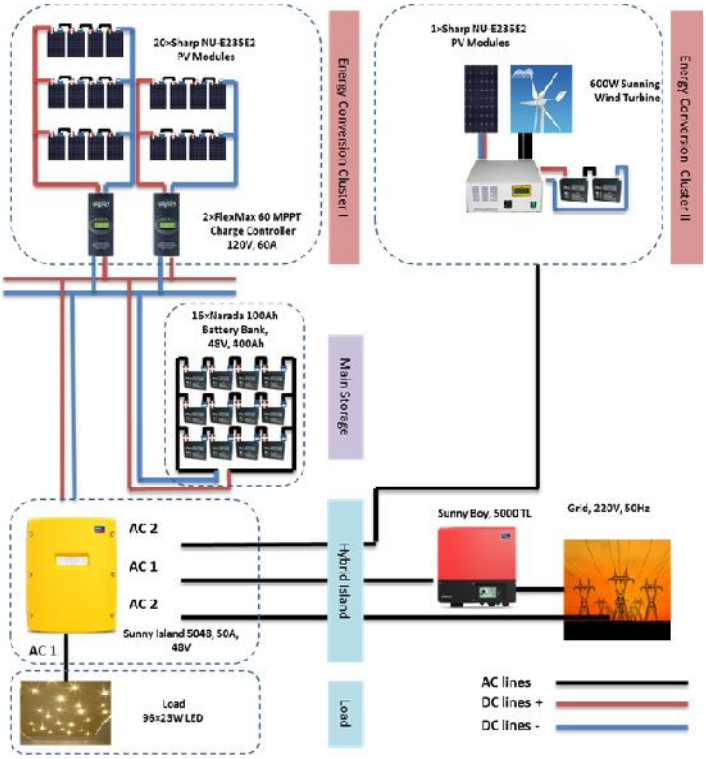
$$LCE\ \left(\frac{toman}{kWh}\right) = \frac{30000000 toman \times 0.151 \times 20\ years}{\frac{4.5kWh}{1kW.day} \times 5kW \times 365\ \frac{day}{year} \times 35 years} = 314\ toman/kwh$$

سیستم ترکیبی انرژی های تجدیدپذیر در دانشکده مهندسی انرژی دانشگاه صنعتی شریف

اهداف

- ترویج نفوذ انرژی تجدید پذیر در سیستم عرضه انرژی
- ایجاد بستر آزمایشگاهی برای آموزش و پژوهش های کاربردی در زمینه انرژی های تجددپذیر
- بکارگیری سیستم ترکیبی انرژی های تجدیدپذیر در سیستم انرژی هوشمند ساختمان دانشکده

معرفی



ویژگی ها و قابلیت ها

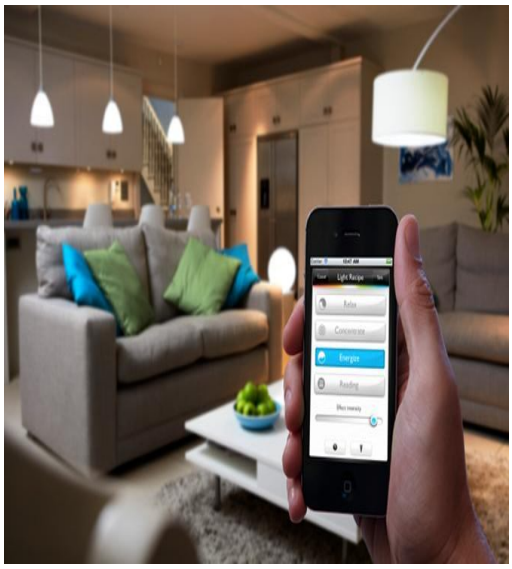
- ✓ پایش لحظه ای اطلاعات آب و هوایی، جریان های انرژی و ارائه ترازنامه لحظه ای انرژی های تجدیدپذیر
- ✓ قابلیت تامین تقاضا در حالت های متصل به شبکه و مستقل از شبکه
- ✓ قابلیت ترکیب با سایر سیستم های انرژی نظیر دیزل ژنراتور و پیل سوختی

جمع بندی دوره...

کاربرد درست انرژی خورشیدی در گرو کسب دانش صحیح است. بکارگیری ابزارهای مناسب، توان تحلیلی منسجم و جامع می باشد.

- ❋ روش شناسی انجام پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی
- ❋ مبانی عملکرد سلول های خورشیدی
- ❋ انواع سیستم های فتوولتائیک
- ❋ روش شناسی طراحی مفهومی و پایه سیستم های فتوولتائیک
- ❋ شاخص های اقتصادی سیستم های فتوولتائیک

ساختمان



هوشمند

تعریف ساختمان هوشمند

ساختمان هوشمند بنا به تعریف انستیتو ساختمانهای هوشمند بنایی است که با استفاده بهینه از چند عنصر پایهٔ سیستم، خـدمات، مدیریت و روابط درونی آنها، محیطی مناسب همراه با عملکردی بهینه در مصرف انرژی ایجاد نماید.

لزوم استفاده از مدیریت هوشمند ساختمان

A. کاهش هزینه ها
B. صرفه جویی انرژی
C. امنیت و ایمنی
D. آسایش و انعطاف پذیری بالا

اتوماسیون ساختمان:

- BMS (Building Management System)
- Home Automation

امکانات سیستم هوشمند

- سیستم هوشمند روشنایی و نورپردازی
- سیستم هوشمند سرمایش و گرمایش
- سیستم هوشمند صوت و تصویر
- سیستم هوشمند حفاظتی و امنیتی
- سیستم هوشمند اعلام و اطفاء حریق
- سیستم هوشمند کنترل از راه دور
- اپلیکیشن قابل نصب بر روی IOS & Android
- سیستم هوشمند آبیاری فضای سبز
- سیستم هوشمند کنترل پرده برقی
- سیستم هوشمند شیشه های مات شونده
- موتورخانه هوشمند
- پارکینگ هوشمند

سیستم هوشمند روشنایی و نورپردازی

- قابلیت کنترل انواع چراغ های سقفی، دیواری، رومیزی، رنگی تزیینی، فلورسنت، LED
- قابلیت تعیین میزان حداکثر و حداقل مقدار روشنایی
- قابلیت کنترل به صورت تکی یا گروهی چراغ ها
- قابلیت تعریف سناریو مجزا برای هر ناحیه
- تعیین تاخیر در زمان روشن شدن
- قابلیت تعیین زمان عملکرد متغییر در هر سناریو از 0 ثانیه تا 60 دقیقه

سیستم هوشمند سرمایش و گرمایش

- قابلیت کنترل انواع فن کوئل، اسپیلت، چیلر کولر و دمپرها
- انتخاب مدهای کاری سرمایش، گرمایش، فن به صورت خودکار در همه فصول
- قابلیت توقف یا کاهش عملکرد سیستم سرمایش و گرمایش درصورت باز بودن درب و پنجره
- کنترل قابل تنظیم میزان رطوبت، سرمایش و گرمایش در سیستم هوشمند
- مد های عملکردی آرامش، شب

- قابلیت اعلام سرعت فن و وضعیت شیر برقی
- امکان تنظیم سرعت فن در سه حالت تند، متوسط و کند
- قابلیت اتصال به 7 سنسور دما و میانگین گیری دمای آن ها
- کنترل دمپرها به صورت چند حالته بسته، کاملا باز، نیمه باز

سیستم هوشمند صوت

- پخش رادیو از موج FM
- قابلیت پخش موزیک از روی SD-Card
- قابلیت پخش فایل صوتی از روی HARD از طریق پروتکل FTP
- پخش آژیر در هنگام وقوع حوادث
- پخش صداهای ضبط شده در مواقع امنیتی
- قابلیت پخش اتوماتیک اذان طبق تقاضای کاربر
- قابلیت پخش موسیقی متفاوت در هر ناحیه
- کنترل کامل سیستم موسیقی توسط کلید هوشمند و نرم افزارهای کنترلی
- پخش صدا از ورودی خارجی(میکروفون) و پشتیبانی سیستم اعلام عمومی

سیستم هوشمند حفاظتی و امنیتی

- قابلیت ارتباط با سیستم ارسال پیام کوتاه در مواقع امنیتی
- قابلیت ارتباط با سیستم پخش صوت در مواقع امنیتی
- قابلیت تعیین زمان های تاخیر جهت اجرای فرامین دلخواه در مواقع خطر
- قابلیت بررسی تمامی موارد امنیتی دزدی، نشت آب، اعلام یخ زدگی و...
- قابلیت پشتیبانی از انواع سنسورهای حرکت، شکستن شیشه، باز شدن درب
- قابلیت تعریف تمام مدهای امنیتی تعطیلات، خروج از منزل، شب، روز، خاموش، اعلام خطر

سیستم هوشمند اعلام و اطفاء حریق

- قابلیت پشتیبانی از انواع سنسورهای دود، دما، نشت گاز
- عملکرد هشدار چند مرحله ای در قالب پیش هشدار و هشدار اصلی
- قابلیت ارتباط با سیستم ارسال پیام کوتاه در مواقع اضطراری
- عملکرد سریع در مواقع اضطراری و جلوگیری از ایجاد خسارات زیاد
- قابلیت قطع برق
- بستن شیر برقی گاز
- به صدا در آوردن آژیر
- بستن دمپرهای ورودی هوا
- باز کردن درب های خروج
- فعال سازی سیستم اطفای حریق در مواقع اضطراری
- قابلیت ارتباط با سیستم پخش صوت در مواقع اضطراری

سیستم هوشمند کنترل از راه دور

- **کنترل از طریق نرم افزار**
  - ✓ گرافیک قابل طراحی توسط کاربر
  - ✓ طراحی تمامی موارد کنترلی و مانیتورینگ توسط کاربر

- ✓ کنترل تمامی وضعیت های سیستم هوشمند
- ✓ مانیتورینگ دوربین های نصب شده
- ✓ کنترل و مانیتورینگ از طریق اینترنت
- ✓ این نرم افزار قابلیت اجرا روی سیستم عامل های AndroidandIos

- **کنترل از طریق اسمس**
  - ✓ قابلیت ارسال و دریافت SMS های مختلف به افراد مختلف
  - ✓ قابلیت خبررسانی گروهی در موقعیت های اضطراری

سیستم هوشمند آبیاری فضای سبز

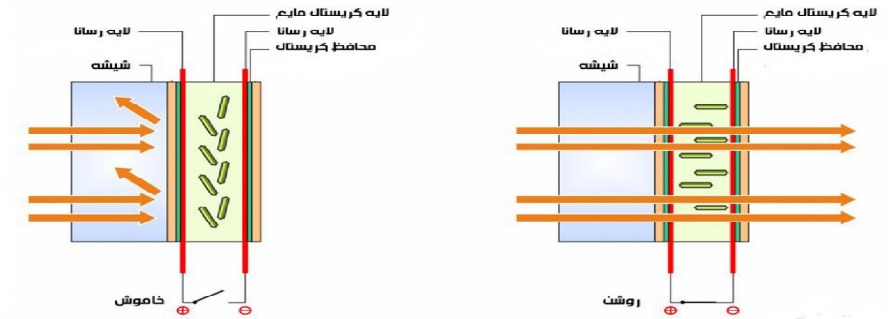
- ✧ قابلیت تعیین مدت زمان و تعداد دفعات آبیاری گیاهان با توجه به فاکتورهای از قبیل نوع، سن، میزان عمق ریشه گیاه و...
- ✧ بررسی و در نظر گرفتن عوامل متغییر محیطی و تاثیر گذار مانند بارش باران و برف، یخبندان، تغییرات دمایی درفصول مختلف
- ✧ بررسی و شناسایی زمان های مناسب آبیاری که حداقل تعرق گیاهان
- ✧ قابلیت آبیاری گیاهان با نیاز آبی مختلف با میزان دبی آبیاری مناسب با نوع فصل
- ✧ ذخیره و نمایش فواصل آبیاری بعدی و تعداد دفعات و میزان آبیاری های قبلی جهت استفاده در امور آماری و...
- ✧ قابلیت اتصال سنسورهای مختلف به سیستم متناسب با نوع محلی که در آن جا نصب می گردد مانند سنسور تشخیص سطح آب مخازن یا سنسور تشخیص رطوبت خاک
- ✧ قابلیت فرمان دادن سیستم به انواع شیرهای برقی با سطوح ولتاژ مختلف

سیستم هوشمند کنترل پرده برقی

- ✍ قابلیت کنترل انواع پرده های کرکره ای، ریلی، ساده و سایبان
- ✍ قابلیت باز و یا بسته شدن، بالا و یا پایین رفتن و تغییر زاویه پرده
- ✍ قابلیت تعیین مدت زمان حرکت پرده با توجه به طول و وزن پرده
- ✍ قابلیت تعیین ماکزیمم زاویهٔ مجاز در پرده های زاویه ای
- ✍ قابلیت تعیین ماکزیمم و مینیمم مقدار باز و یا بسته شدن پرده
- ✍ قابلیت تعیین اولویت در اجرای فرمانهای دریافتی از شرایط جوی
- ✍ قابلیت تعیین زمان تاخیر برای تغییر حالت پرده
- ✍ قابلیت باز و بسته شدن پرده با اشاره کوچک دست

سیستم هوشمند شیشه های مات شونده

- قابلیت گذار از حالت مات به شفاف در کسری از ثانیه
- قابلیت تنظیم میزان شفافیت شیشه
- حفاظت و حفظ حریم خصوصی
- ایمنی و دوام در برابر حرارت به علت استفاده از شیشه های چند لایه
- مانع نفوذ صدا به علت استفاده از شیشه های چند لایه
- کنترل انرژی خورشیدی، مسدود کننده بیش از ۹۹٪ از اشعه فرابنفش و مادون قرمز

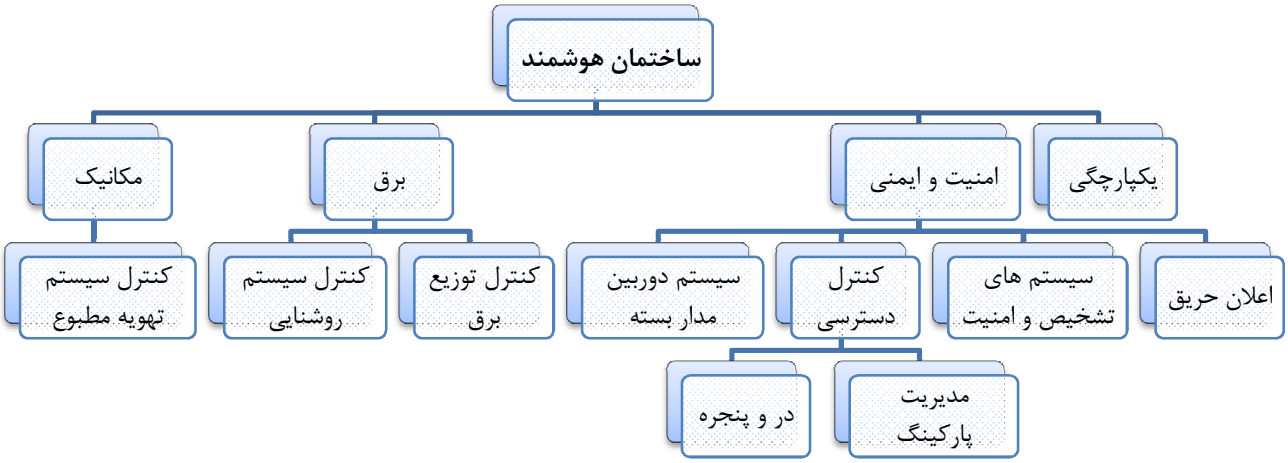


موتورخانه هوشمند

- کنترل مصارف گرمایشی در زمان استفاده از ساختمان (مسکونی و غیرمسکونی)
- خاموشی یا آماده باش موتورخانه پس از ساعت کاری ساختمان های غیرمسکونی (اداری- آموزشی - عمومی - تجاری)
- بهینه سازی مضاعف مصرف سوخت در ساعت های تعطیلی ساختمان های غیرمسکونی
- تثبیت محدوده آسایش حرارتی ساکنین ساختمان
- کاهش تولید و انتشار آلاینده های زیست محیطی
- کاهش استهلاک تجهیزات و هزینه های مربوطه
- کاهش هزینه های سرویس - نگهداری تاسیسات حرارتی
- بهینه سازی و جلوگیری از مصرف بیهوده سوخت و انرژی الکتریکی
- راهبری و کنترل صحیح تجهیزات موتورخانه شامل مشعل ها و پمپ ها
- زمان مناسب نصب و بهره برداری از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه

پارکینگ هوشمند

- سهولت در خدمات
- افزایش ضریب امنیتی پارکینگ با کاهش امکان سرقت
- قابلیت نمایش تعداد فضاهای خالی در ورودی پارکینگ
- به روز کردن نمایشگرها در کمترین زمان ممکن و در نتیجه هدایت خودروهای ورودی به فضای خالی موجود در مینیمم زمان
- قابلیت در نظر گرفتن فضاهای رزرو شده و ممانعت از پارک کردن خودرو در آن فضاها
- قابلیت عدم پذیرش مشتری در زمان پر بودن ظرفیت پارکینگ و یا در مواقع خاص
- امکان برنامه ریزی انواع تخفیف یا تعرفه ها برای کاربران VIP
- اطلاع از ظرفیت خالی پارکینگ و آدرس توسط پیامک (SMS) برای کاربران
- قابلیت نمایش آمار به صورت روزانه و ماهانه و همچنین به صورت بازههای زمانی خواسته شده
- قابلیت مانیتور آنلاین اطلاعات پارکینگ و دریافت تصاویر فضاهای پارک شده و خالی در زونهای مختلف پارکینگ
- قابلیت تهیه گزارشات مالی



فضاهای قابل کنترل با سیستم هوشمند

- پذیرایی
- اتاق خواب
- اتاق مطالعه
- سرویس بهداشتی
- راهرو ها و راه پله ها

- فضاهای مشاع و لابی
- سالن اجتماعات، آمفی تئاتر
- نمای ساختمان

تجهیزات کنترلی سیستم هوشمند

- کلید لمسی هوشمند
- ریموت کنترل
- موبایل و تبلت
- نرم افزار سه بعدی THRONE

کلید لمسی هوشمند

- دارای صفحات کنترل عمومی شامل موارد زیر:
  - ۳ صفحه برای کنترل روشنایی
  - ۳ صفحه برای کنترل سیستم های سرمایشی - گرمایشی
  - ۱ صفحه برای کنترل سیستم گرمایش از کف
  - ۱ صفحه برای کنترل موزیک
  - ۱ صفحه برای کنترل پرده
  - ۱ صفحه برای کنترل اجرای سناریوهای مختلف
  - اجرای Sequence های مختلف
- دارای LCD با سایز 80 * 160 پیکسل
- قابلیت DIY و طراحی سناریوها توسط خود کاربر
- قابلیت تعیین یک عکس پیش زمینه دلخواه برای تمامی کلیدها و یا عکس مجزا برای هر کلید
- فابلیت نمایش دما به صورت آنلاین از سنسور دمای داخلی
- قابلیت کالیبره کردن دما سنج داخلی ماژول
- تنوع بالا در طرح و رنگ کلیدها
- قابلیت نمایش ساعت و تاریخ
- قابلیت تعیین میزان روشنایی LCD
- قابلیت تعیین مد کاری فن
- قابلیت تعیین سرعت فن به صورت تک، دو و سه سرعته
- قابلیت تعیین دماهای رفرنس مختلف در مدهای کاری مختلف

معایب برخی سیستمهای هوشمند

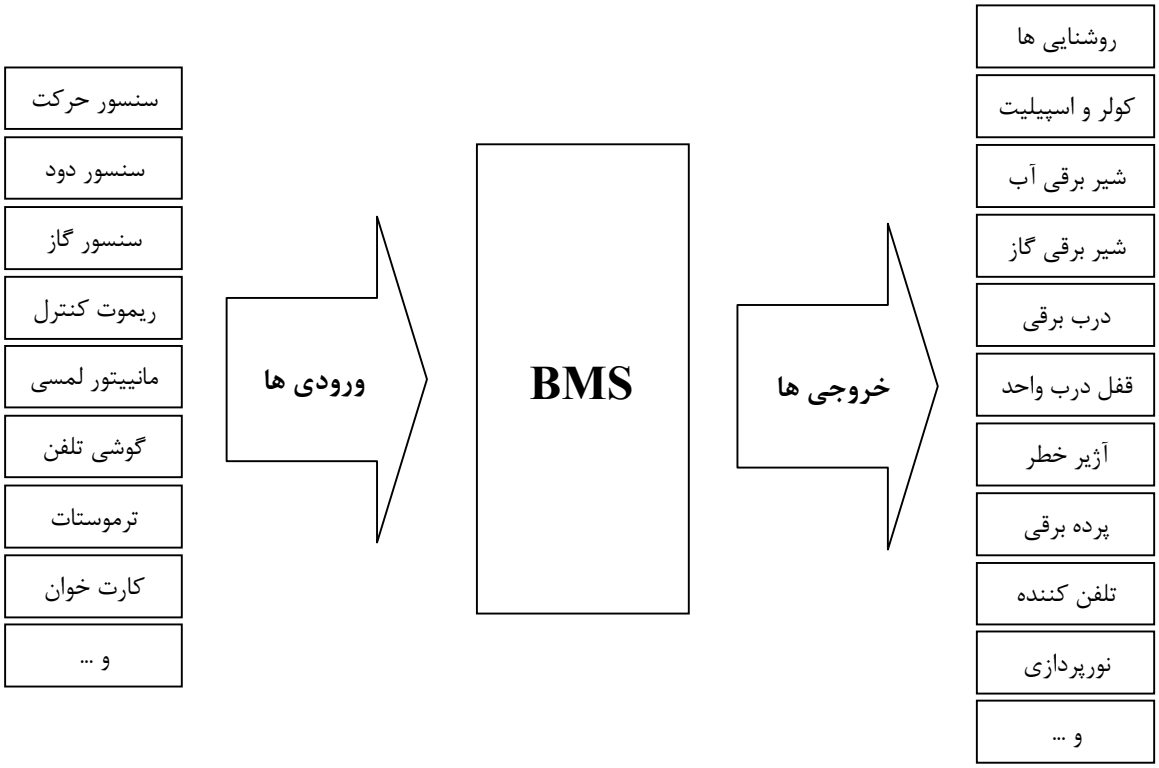
- عدم پشتیبانی از پروتکلهای باز همچون KNX و Bus-pro و درنتیجه عدم یکپارچه سازی و اینتگریشن با دیگر برندهای سیستم هوشمند
- فاقد قابلیت سنجش لوکس نور و تنها قابلیت روشن و خاموش سیستم روشنایی وجود دارد
- فاقد قابلیت نورپردازی و در نتیجه فاقد جذابیت اجرای سناریو های خاص
- فاقد قابلیت سنس دما، نیازمند یک ترموستات خارجی هستند و در نتیجه عدم کنترل سرمایش و گرمایش به صورت مستقل
- فاقد قابلیت تغییر و ارتقا آپشن های موجود در سیستم
- عدم وجود تابلو نصب تجهیزات
- عدم وجود موتور اختصاصی پرده
- سولوشنهای ارائه شده در برخی برندها بسیار ساده و پیش پا افتاده میباشد.

مزایای سیستم هوشمند:

- سادگی کار برای هر نوع کاربر
- صرفه جویی در مصرف انرژی
- افزایش ضریب ایمنی و امنیتی ساختمان
- بالا رفتن ضریب لاکچری و لوکس ساختمان
- مدیریت و کنترل متمرکز و یکپارچه کل سیستم
- بالا رفتن کیفیت سرویس و ارزش افزوده ساختمان
- استفاده بهینه از تجهیزات و افزایش طول عمر مفید آنها
- قابلیت نمایش هر شکل و یا فونت دلخواه بر روی صفحه کلید هوشمند
- قابلیت کنترل از راه دور تمامی تجهیزات
- ارائه سیستم کنترلی با قابلیت برنامه ریزی زمانی عملکرد
- کاهش چشمگیرهزینه های مربوط به نگهداری و تعمیرات
- صرفه جویی در هزینه خرید تجهیزات با جایگزینی کلیدهای چندکاربره
- بازگشت سرمایه مربوط به هوشمندسازی بین ۳ تا ۵ سال
- قابلیت اتصال و کنترل اکثر تجهیزات داخل و خارج ساختمان به این سیستم
- مدیریت ساختمان هنگام بروز حوادث

انواع سناریوهای قابل اجرا با سیستم هوشمند

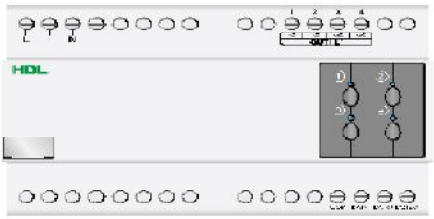
- مهمانی welcom
- استراحت Relax
- مطالعه Reading
- خواب Sleep
- خروج Away
- سفر Vacation

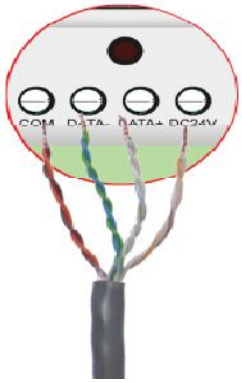


پروتکل های سیستم های هوشمند ساختمان

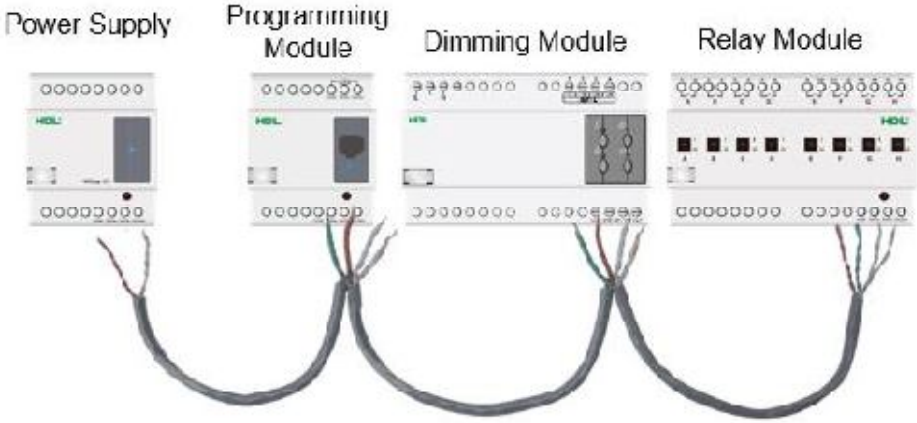
- X10
- Insteon
- BAC net
- LON Works
- S-BUS
- KNX
- Z-Wave
- Zig bee

استاندارد شبکه هوشمند

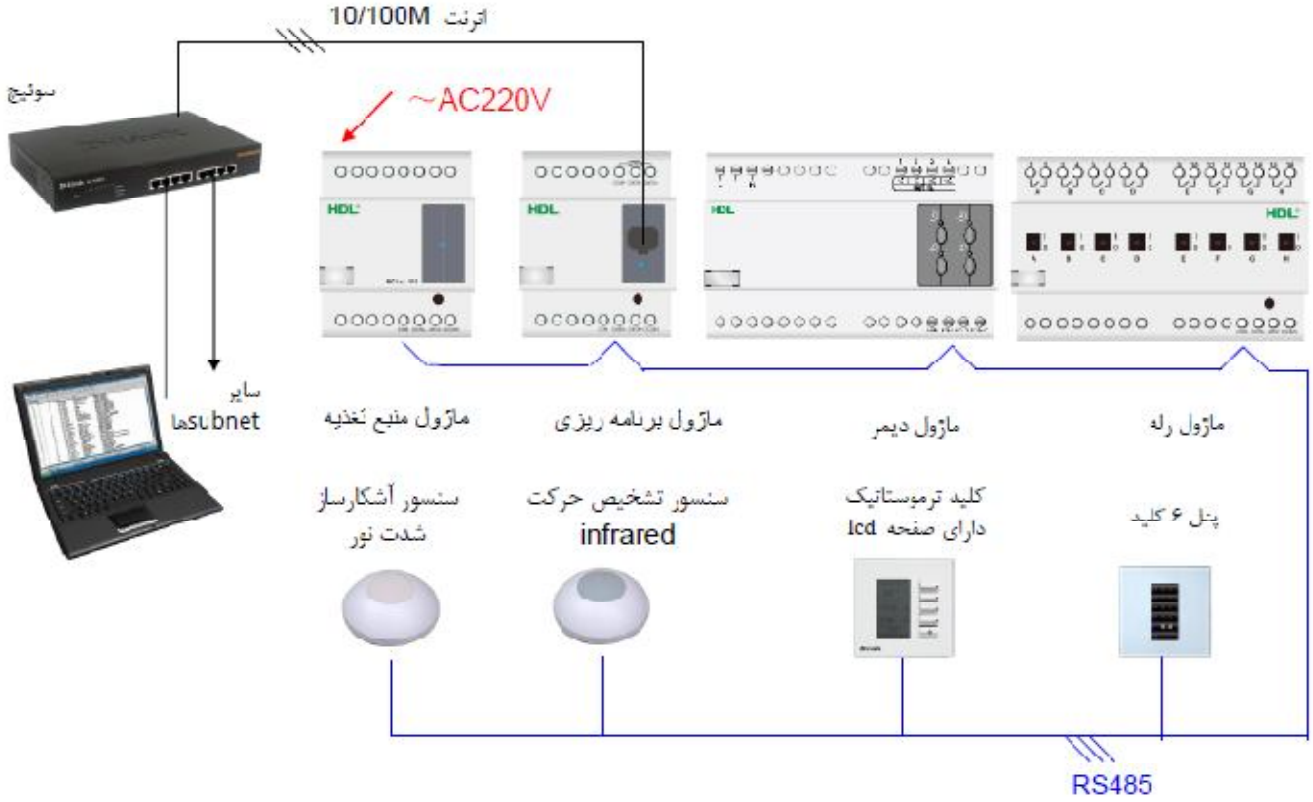


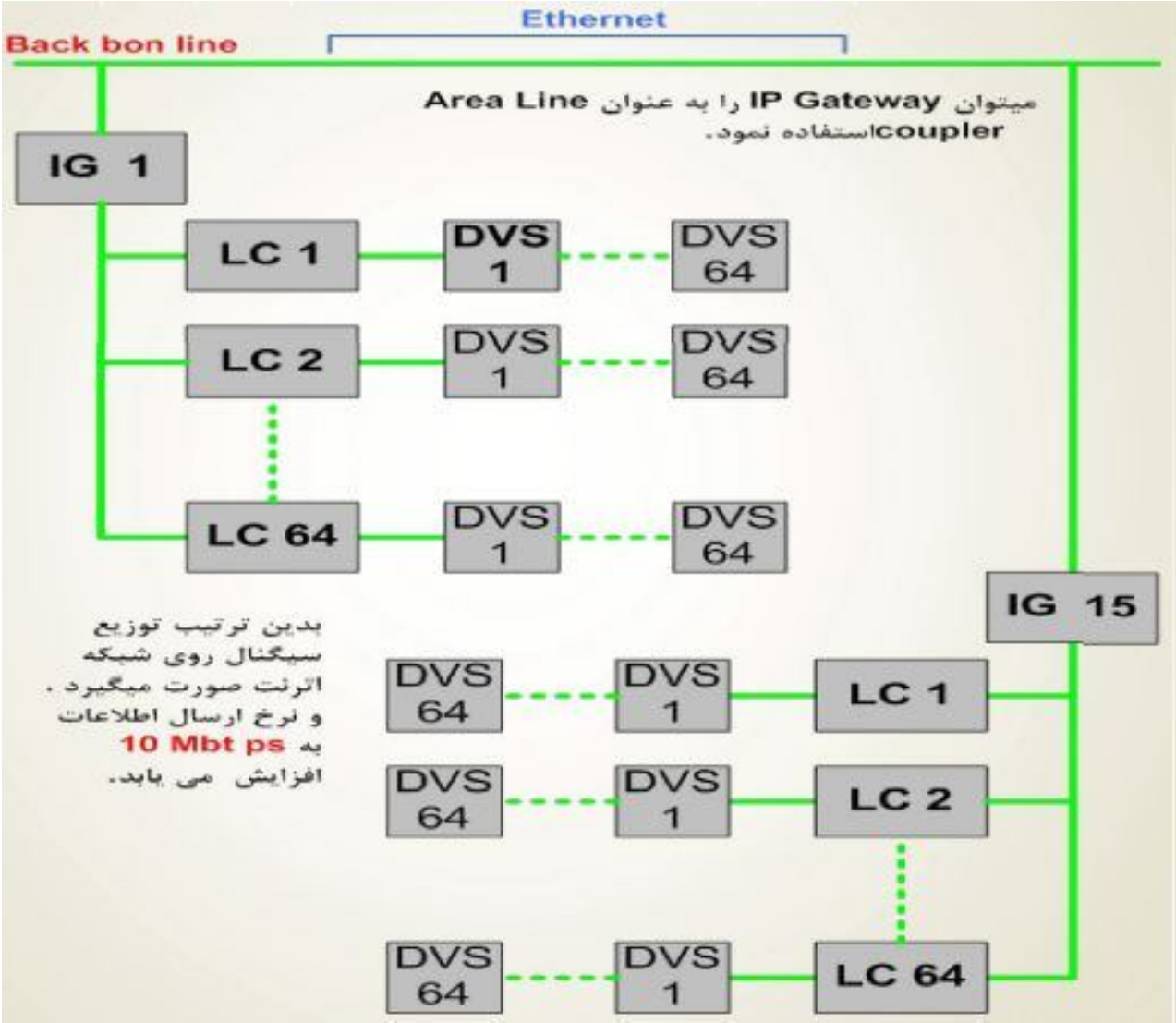


Orange + Brown : DC24V
Blue + Green : DATA+
Blue White + Green White : DATA-
Orange White + Brown White: COM

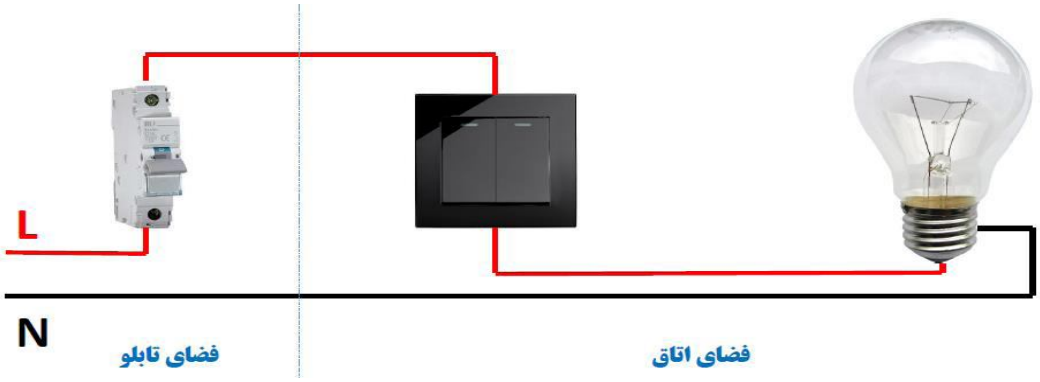


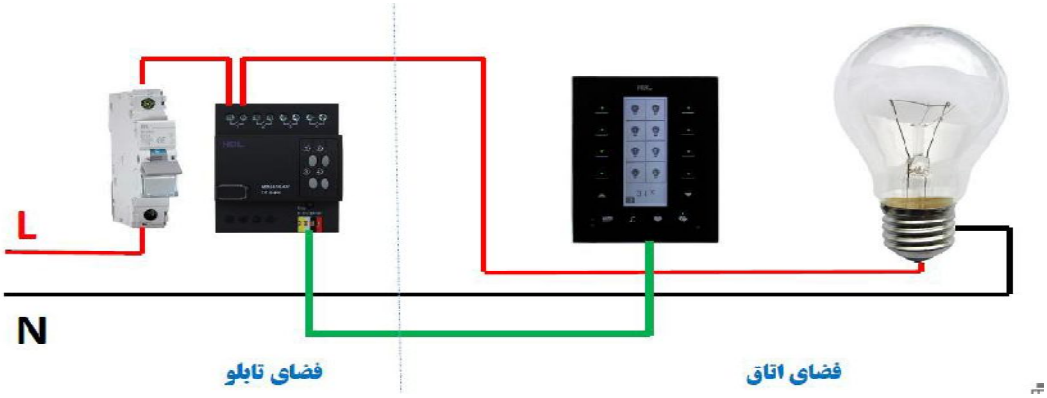
دیاگرام شبکه کنترلی هوشمند





نحوهٔ سیم کشی سیستم هوشمند

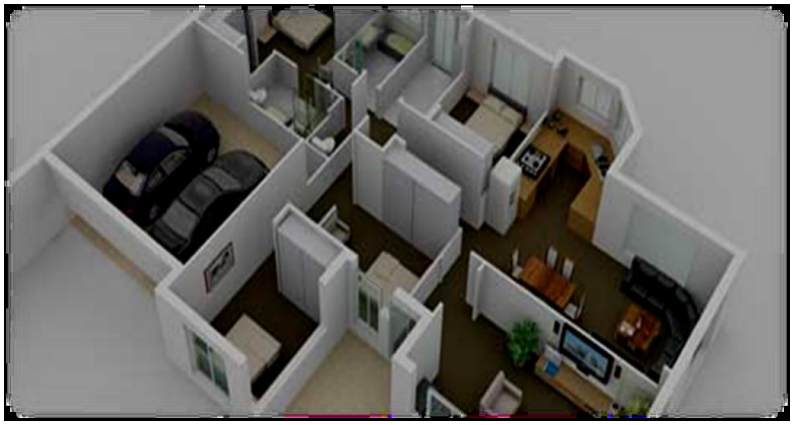




مراحل طراحی و اجرای سیستم هوشمند:

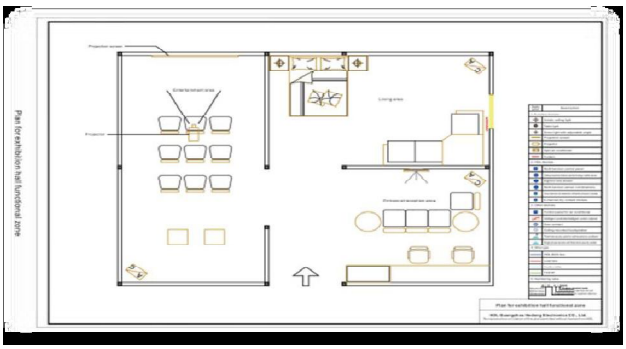
۱. مشخص نمودن خواسته های کارفرما

- در اکثر پروژه های اتوماسیون مواردی که باید توسط سیستم هوشمند کنترل شود متفاوت است.
- ملاک استفاده از سیستم های کنترلی مختلف می تواند قیمت تمام شده، میزان آشنایی کارفرمایان با سیستم هوشمند و نوع کاربری ساختمان باشد.



۲. بررسی نقشه ساختمان

- برای طراحی بهتر در دست داشتن نقشه اتوکد روشنایی و تجهیزات ساختمان مورد نیاز است.
- در این نقشه باید ابعاد فضاها، سر خط روشنایی ها، تعداد آنها و تجهیزات حرارتی و برودتی، پرده برقی و... لحاظ شده باشد.



۳. مشخص نمودن مناطق کنترلی

- به دلیل متفاوت بودن سیستم کنترلی در مناطق مختلف ساختمان و همچنین تفاوت در زمان و شرایط استفاده از آنها، ابتدا باید مناطق کنترل (area) تعیین گردد.
- این مناطق در برنامه نویسی تجهیزات و سناریوهای مختلف مورد نیاز است.
- هرچه مناطق بیشتر شوند امکان کنترل آنها بهتر و از طرف دیگر هزینه پروژه بیشتر می شود.

AREA 1	AREA 2	AREA3
پذیرایی	آشپزخانه	**اتاق خواب**

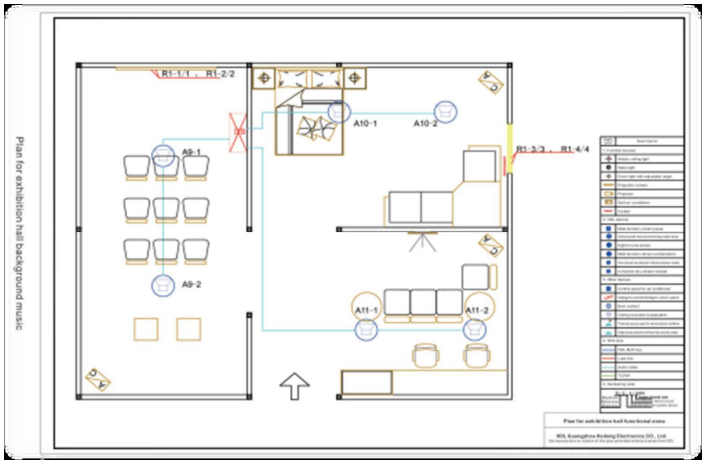
۴. تعیین تجهیزات نیازمند کنترل به تفکیک هر منطقه A

منطقه	سرخط های دیم شونده	سرخط های قطع و وصل شونده	پرده برقی	سرمایش و گرمایش	زون های صوتی
آشپزخانه	۴	-	-	۱	۲
پذیرایی	۸	-	۲	۱	۲
اتاق خواب	۸	-	-	۱	۲
سرویس بهداشتی	-	۱	-	-	-
حمام	-	۱	-	-	-
مجموع	۲۰	۲	۲	۳	۶

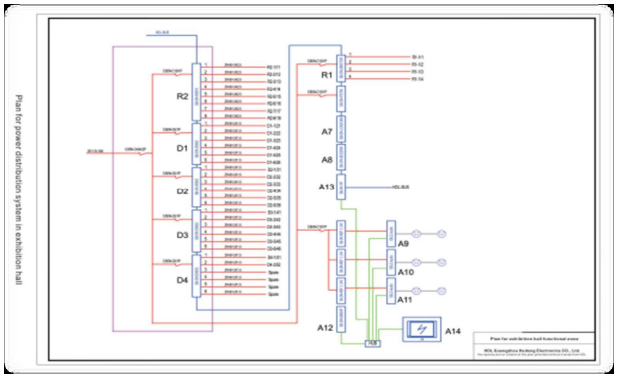
۵. تعیین تعداد، نوع، توان و نحوه کنترل مصرف کننده ها

مناطق	شماره سرخط	نوع مصرف کننده	تعداد	نوع کنترل	توان (وات)	جریان
آشپزخانه	۳۳	نور مخفی	۳	dimming	۶۰ وات	۰/۲۷
	۳۴	نور مخفی	۳	dimming	۶۰ وات	۰/۲۷
	۳۵	نور مخفی	۳	dimming	۶۰ وات	۰/۲۷
	۳۶	چراغ سقفی	۳	dimming	۱۲۰ وات	۰/۵۴
پذیرایی						
اتاق خواب						
سرویس بهداشتی						
حمام						

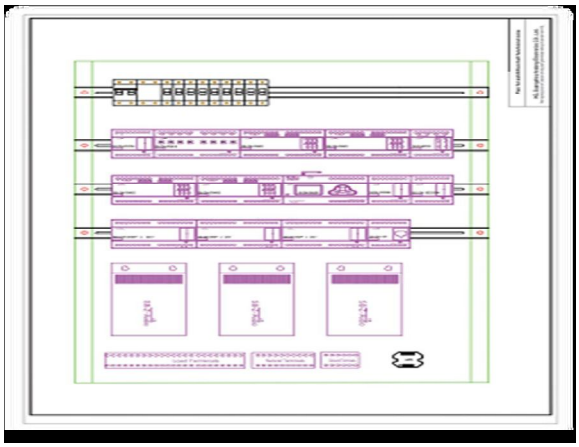
۶. طراحی و پیاده سازی نقشه کنترلی تجهیزات نور و صوت



۷. طراحی و پیاده سازی نقشه اتصالات تابلو اصلی

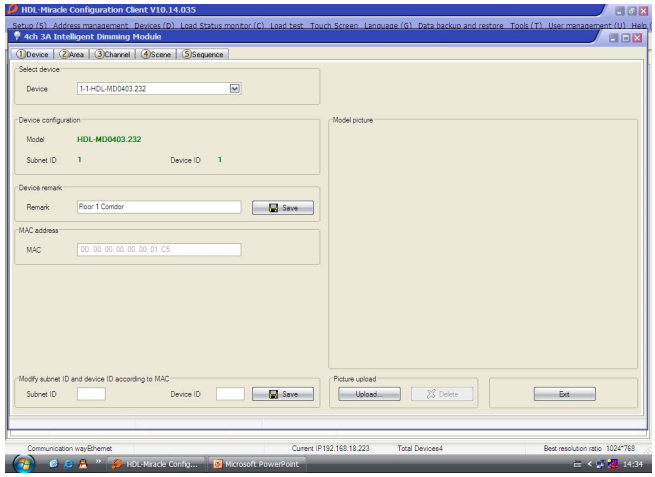


۸. چیدمان تابلویی



۹. مونتاژ تجهیزات در تابلو

۱۰. برنامه نویسی ماژولها



طرح پایلوت پیاده سازی عملی مصرف انرژی ساختمان در دو حالت هوشمند و غیرهوشمند

مشخصات ساختمان مورد بررسی:

- ساختمان شهرداری
- دارای ۶ طبقه به اضافه طبقه همکف که طبقه های ۲ تا ۶ دارای نقشه یکسان بوده

بازه زمانی:

- ۱۳۱روزه از تاریخ ۱۳۹۳/۳/۲۷ تا تاریخ ۱۳۹۳/۸/۴
- ۸۸ روز کاری غیر پنجشنبه، ۱۹ روز پنجشنبه و ۲۴ روز تعطیل
- ساعت کاری روزهای غیر کاری از ۸ تا ۱۶ و روزهای پنجشنبه از ۸ تا ۱۴

سیستم روشنایی:

- در روزهای غیر تعطیل و در ساعات کاری تمام سیستم روشنایی ساختمان از جمله اتاق ها، لابی ها، راهروها، پله ها و ... روشن می باشد.
- در روزهای تعطیل در ساعات کاری فقط روشنایی لابی طبقات، راهروها و راه پله ها و در ساعات غیر کاری فقط روشنایی راه پله ها روشن می باشند.
- تمام چراغ های این ساختمان از نوع 2x36wTCL می باشد.

شماره اتاق طبقهG	1	2	3	4	5	6	7	8	9
تعداد چراغ	4	11	4	4	4	4	6	17	10
تعداد لامپ هر چراغ	2	2	2	2	2	2	2	2	2
وات مصرفی هر لامپ	36	36	36	36	36	36	36	36	36
وات مصرفی کل (w)	288	792	288	288	288	288	432	1224	720

روزهای کاری - ساعت غیرکاری- ساعت ۱۶/۵ تا ۷/۵

وات مصرفی (w)	تعداد چراغ ها	طبقه
0	0	G
144	2	1
432	6	2
432	6	3
432	6	4
432	6	5
432	6	6
2304	32	کل طبقات

روزهای کاری - ساعت کاری- ساعت ۷/۵ تا ۱۶/۵

وات مصرفی (w)	تعداد چراغ ها	طبقه
4608	64	G
6192	86	1
10224	142	2
10224	142	3
10224	142	4
10224	142	5
10224	142	6
61920	860	کل طبقات

روزهای غیرکاری - ساعت غیرکاری- ساعت ۱۶/۵ تا ۷/۵

وات مصرفی (w)	تعداد چراغ ها	طبقه
0	0	G
144	2	1
432	6	2
432	6	3
432	6	4
432	6	5
432	6	6
2304	32	کل طبقات

روزهای غیرکاری - ساعت کاری- ساعت ۷/۵ تا ۱۶/۵

وات مصرفی (w)	تعداد چراغ ها	طبقه
0	0	G
144	2	1
2736	38	2
2736	38	3
2736	38	4
2736	38	5
2736	38	6
13824	192	کل طبقات

- انرژی مصرفی کل ساختمان در طول روز

انرژی مصرفی (وات ساعت)	ساعت استفاده	توان مصرفی	زمان
557280	9	61920	روز کاری - ساعت کاری
34560	15	2304	روز کاری - ساعت غیرکاری
124416	9	13824	روز غیرکاری - ساعت کاری
34560	15	2304	روز غیرکاری - ساعت غیرکاری
433440	7	61920	پنجشنبه - ساعت کاری
39168	17	2304	پنجشنبه - ساعت غیرکاری

انرژی مصرفی (وات ساعت)	روز
591840	کل روز کاری
158976	کل روز غیر کاری
472608	کل پنجشنبه

- انرژی مصرفی کل ساختمان در طول ۱۳۱ روز

انرژی کل مصرفی (وات ساعت)	انرژی مصرفی روز	تعداد	نوع روز
52081920	591840	88	روز کاری
8976552	472608	19	پنجشنبه
3815424	158976	24	روز غیرکاری
64876896	انرژی مصرفی دوره		

سیستم تهویه

- سیستم تهویه از نوع فن کوئل زمینی می باشد.
- سیستم تهویه در روزهای کاری و تعطیل، سیستم از ساعت ۵/۵ صبح تا ساعت ۱۶/۵ به طور دائم کار می کند.
- در روزهای پنج شنبه نیز سیستم تهویه از ساعت 5/5 تا 14/5 فعال می باشد.
- فن کوئل های استفاده شده در این ساختمان شامل مدل های زیر است:

TDF800	TDF600	TDF400	TDF200	مدل
90	45	45	25	توان مصرفی (وات)

- مقدار توان مصرفی هر اتاق در هر طبقه

وات مصرفی کل	تعداد TDF800	تعداد TDF600	تعداد TDF400	تعداد TDF200	طبقه
677	0	5	12	10	G
544	0	3	9	11	1
933	0	4	21	11	2
933	0	4	21	11	3
933	0	4	21	11	4
903	0	4	20	11	5
907	3	9	13	4	6
5830	3	33	117	69	کل طبقات

- انرژی مصرفی فن کوئل های کل ساختمان در طول روز

انرژی مصرفی (وات ساعت)	ساعت استفاده	توان مصرفی	زمان
64130	11	5830	روز کاری و غیرکاری
52470	9	5830	پنجشنبه

- انرژی مصرفی فن کوئل های کل ساختمان در طول ۱۳۱ روز

انرژی کل مصرفی (وات ساعت)	انرژی مصرفی روز	تعداد	نوع روز
5643440	64130	88	روز کاری
996930	52470	19	پنجشنبه
1539120	64130	24	روز غیرکاری
8179490	انرژی مصرفی دوره		

- چیلر استفاده شده از نوع جذبی شعله مستقیم ۱۵۰ تن، با توان مصرفی حدوداً ۲/۶ کیلووات است.
- انرژی مصرفی چیلر در طول روز

انرژی مصرفی (وات ساعت)	ساعت استفاده	توان مصرفی	زمان
68200	11	6200	روز کاری و غیرکاری
55800	9	6200	پنجشنبه

- انرژی مصرفی چیلر در طول ۱۳۱ روز

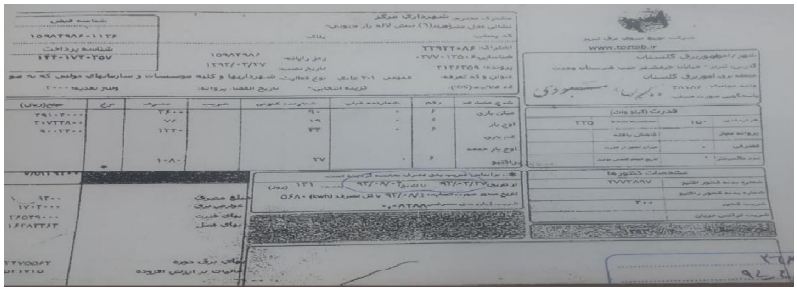
انرژی کل مصرفی (وات ساعت)	انرژی مصرفی روز	تعداد	نوع روز
6001600	68200	88	روز کاری
1060200	55800	19	پنجشنبه
1636800	68200	24	روز غیرکاری
8698600	انرژی مصرفی دوره		

✍ میزان صرفه جویی:

- انرژی مصرفی قبل از هوشمند سازی ساختمان:

انرژی مصرفی (وات ساعت)	سیستم
64876896	روشنایی
8179490	تهویه - فن کوئل ها
8698600	تهویه - چیلر
81754986	کل ساختمان

- انرژی مصرفی بعد از هوشمند سازی ساختمان:



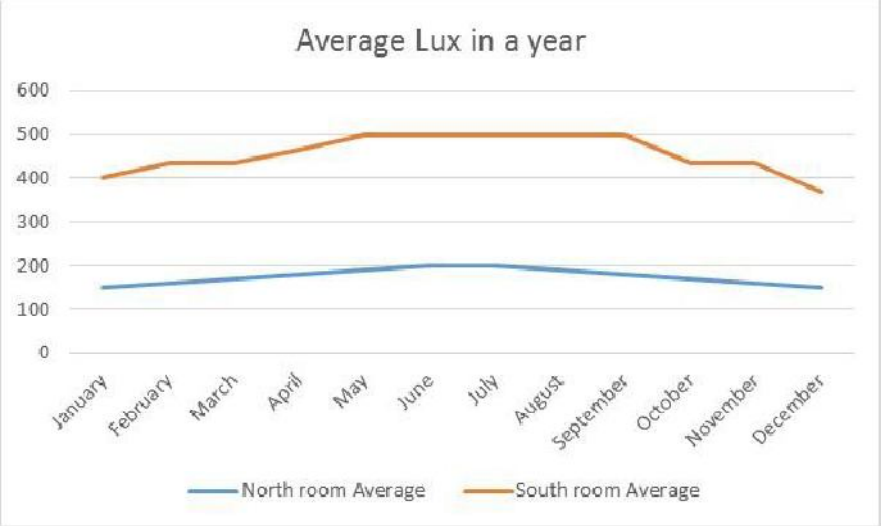
- میزان صرفه جویی صورت گرفته پس از هوشمند سازی ساختمان

$$\text{درصد صرفه جویی} = \frac{\text{انرژی مصرفی قبل از هوشمند سازی} - \text{انرژی مصرفی بعد از هوشمند سازی}}{\text{انرژی مصرفی قبل از هوشمند سازی}} \times 100$$

$$\text{درصد صرفه جویی} = \frac{81754986-56800000}{81754986} \times 100 = \frac{24954986}{81754986} \times = 30.5\%$$

میزان lux نور خورشید در دو اتاق شمالی و جنوبی در یک روز بهار

میزان lux نور خورشید در دو اتاق شمالی و جنوبی در یک سال



روشنایی

مصنوعی

روشنایی مصنوعی

ماهیت نور

طبق نظریه پلانک، چنانچه به الکترونهای یک ماده که در حال چرخش به دور هسته آن اتم هستند، انرژی داده شود، الکترونها از تراز اصلی خود خارج شده و به تراز بالاتر انرژی منتقل می شوند. با توجه به اینکه تراز جدید، تراز پایداری برای این الکترون ها نیست، با حذف منبع انرژی به تراز پایین تر قبلی بر می گردند و انرژی ذخیره شده را به صورت نور و در قالب بسته های انرژی که آنها را فوتون می نامند، منتشر می نمایند. رابطه زیر ارتباط بین فرکانس نور منتشر شده با انرژی آن را نشان می دهد.

$$E=h.\upsilon$$

فرکانس نور منتشر شده = υ ، ثابت پلانک = h ، انرژی = E

انتشار نور

در حال حاضر دو نظریه برای انتشار نور وجود دارد:

- نظریه انتشار موجی ماکسول (به صورت امواج الکترو مغناطیس).
- نظریه انتشار ذره ای

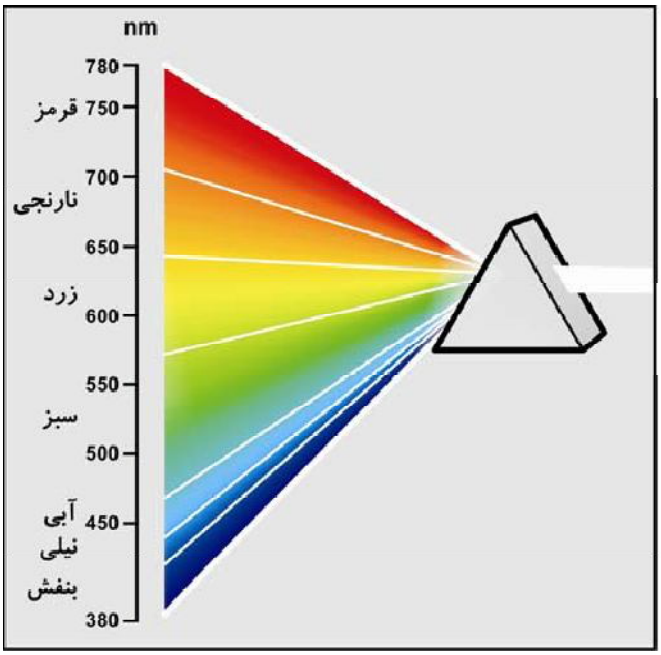
مبحث روشنایی بر اساس نظریه انتشار موجی نور تدوین شده است.

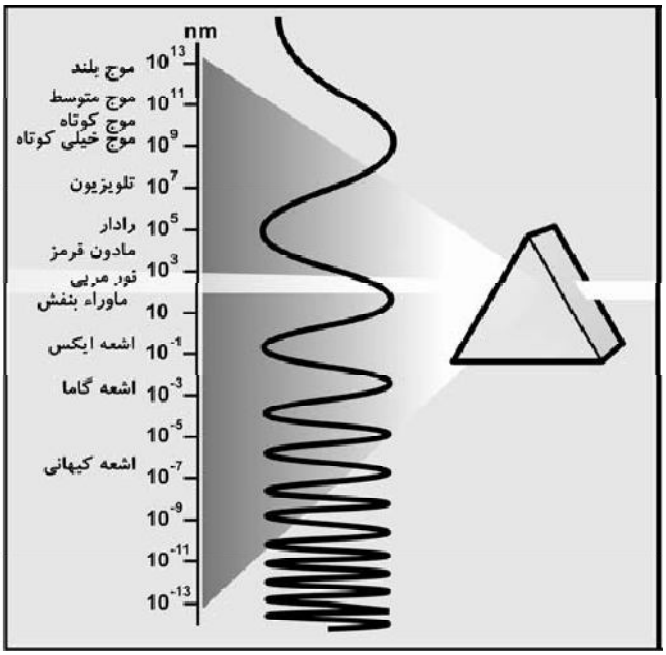
- سرعت حرکت نور حدود ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است.
- فرکانس نور عبارت از تعداد نوسانات موج آن نور در یک ثانیه است.
- طول موج نور عبارت است مسافتی که نور در طی انجام یک نوسان می پیماید.
- رابطه زیر بین پارامتر های فوق حاکم است:

$$\lambda = V/F$$

طیف نور

- طول موج های از ۳۸۰nm تا ۷۸۰nm قابل مشاهده (مرئی) هستند.
- طول موجهای مختلف نور مرئی، دارای رنگ های مختلفی می باشند.
- به کمک یک منشور می توان به تجزیه طیفی نور پرداخت.





تجزیه نور به کمک منشور

امواج فروسرخ

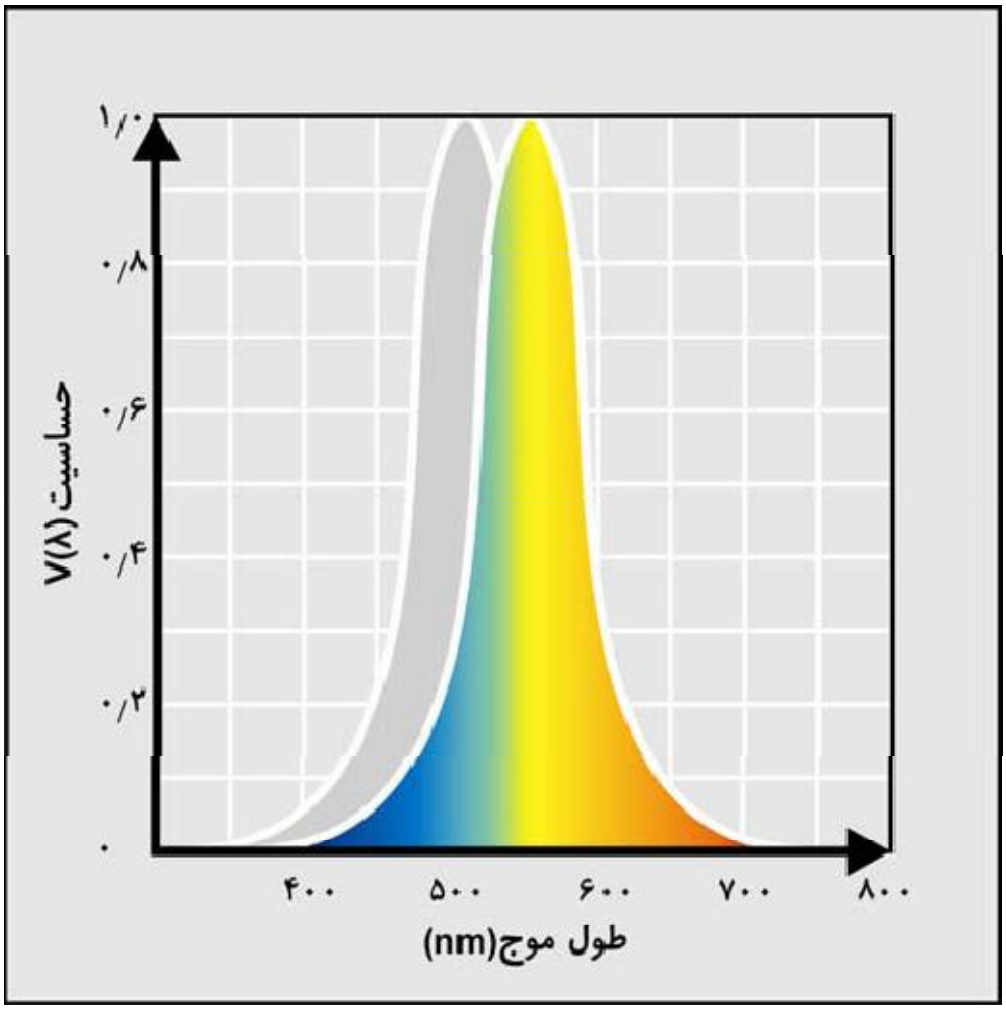
- به طول موج های بین ۷۸۰nm تا ۱۰۰۰ nm امواج فروسرخ یا مادون قرمز گفته می شود.
- این امواج غیر قابل مشاهده بوده و در اثر برخورد به اجسام سریعاً به گرما تبدیل می شوند.
- امواج فروسرخ را به اختصار با حروف IR نشان می دهند (Infra Red).

امواج فرابنفش

- به طول موج های بین 100nm تا 380nm امواج فرابنفش یا ماوراء بنفش گفته می شود.
- این امواج غیر قابل مشاهده بوده و طیف آن به سه باند UV-A و UV-B و UV-C تقسیم می شود. هر باند دارای آثار مخصوص به خود است. این پرتوها خطرناک هستند و مقدار بیش از اندازه آنها برروی چشم و پوست انسان آثار زیانباری دارد.
- امواج فرابنفش را به طور کلی با حروف UV نشان می دهند. (Ultra Violet)

حساسیت چشم انسان به نور

- عامل دیده شدن اشیاء مختلف نوری است که از سوی آن اشیاء به چشم انسان می تابد.
- اگر نوری از شیئ به چشم انسان نتابد آن شیئ سیاه (تاریک) دیده می شود.
- هر شیئ به رنگ همان نوری که از آن تابیده شده، دیده می شود.
- روی پرده شبکیه تعدادی سلول بینایی وجود دارد که بخشی از آنها به رنگ نور و بقیه به درخشش نور حساسیت دارند.
- سلول های مخروطی (رنگی) بیشترین حساسیت را به طول موج 555nm (زرد مایل به سبز) دارند.
- سلول های میله ای (درخشش نور) بیشترین حساسیت را به طول موج 507nm (سبزآبی) دارند.

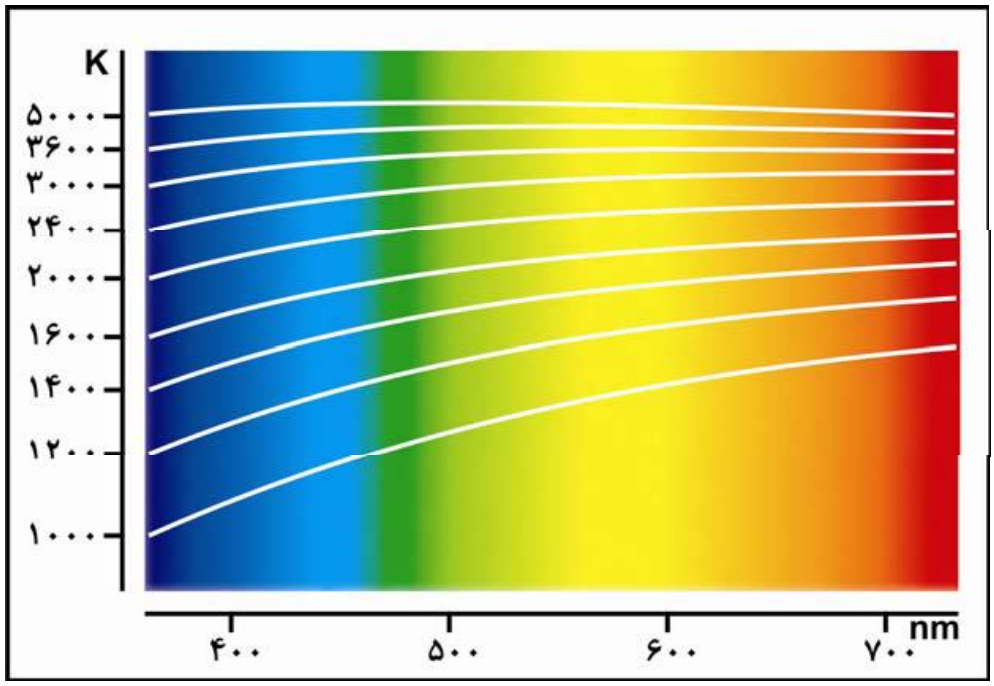


نمودار حساسیت چشم انسان به نور

تعریف پارامترها

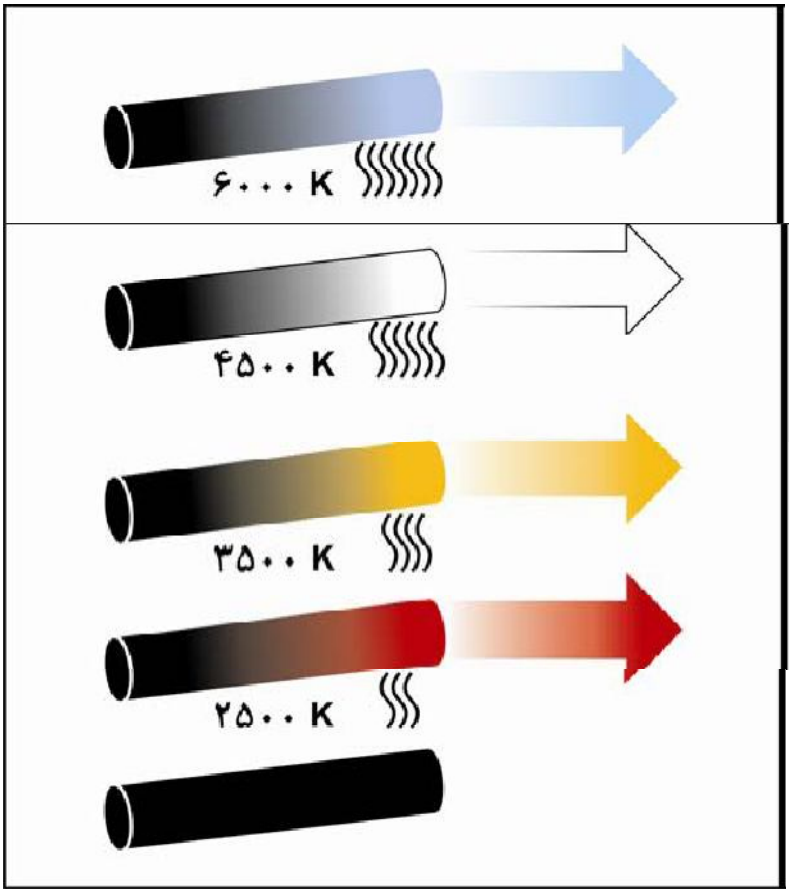
جسم سیاه Black Body

- جسم سیاه جسمی است که به دلیل سطح مات خود تمام تابش برخوردی را جذب می کند و قادر است متناسب با دمای خود تابش داشته باشد.
- جسم سیاه در دماهای مختلف نورهایی به رنگهای متفاوت تابش می کند.در هردما دارای یک طیف رنگی خاص خود میباشد.



منحنی پلانکین

- رنگ نور تابش شده از جسم سیاه برآیندی از کل رنگهای موجود در طیف منتشر شده آن نور است.



رنگ های جسم سیاه در دماهای مختلف

توجه: هدف از ارائه تعریف های مختلف در این بخش صرفاً ایجاد ذهنیت مناسب در خواننده به منظور درک مطالب مرتبط با مبحث طراحی روشنایی و محاسبات آن بوده است و ممکن است این تعریف ها دقیق و منطبق با مراجع فیزیک نور نباشند.

دمای رنگ Color Teperature

- دمای رنگ یک منبع نور بیانگر توانایی آن منبع برای تابش طیفی معادل یک جسم سیاه در این دما می باشد.
- دمای رنگ اغلب با واحد درجه کلوین بیان می شود.
- از دمای رنگ برای بیان چگونگی تابش طیف مرئی منابع مختلف نور از جمله لامپ ها استفاده می شود.

نام رنگ	دمای رنگ
Daylight	5400 °k – 6500 °k
Cool White	4000 °k
White	3500 °k
Warm White	3000 °k
Interna	2700 °k

رنگ های گرم و رنگ های سرد

- در اصطلاحات هنری نورهای سفید متمایل به آبی اغلب به نام نورهای سرد شناخته می شوند. زیرا این نورها باعث می شوند محیط سردتر به نظر برسد.
- درمقابل نورهای سفید متمایل به قرمز و زرد را به نام نورهای گرم می شناسند. زیرا این نورها محیط را گرمتر نشان میدهند.
- نکته۱: مفهوم سرد و گرم در مقوله هنر با آنچه که در خصوص دمای رنگ گفته شد تناقض دارد. زیرا نور آبی دارای دمای رنگ بالاتر و نور قرمز دمای رنگ پایین تری دارد.
- نکته۲: رنگ نور هر محیط بایستی متناسب با کاربرد آن محیط انتخاب شود. مثلاً برای محیط استراحت نور سفید گرم و در محیط کار، نور سفید سرد توصیه می شود.
- نکته۳: گاهی دیده می شود که برای ایجاد یک رنگ نور میانه، دو لامپ با نورهای مختلف (مثلاً آفتابی و مهتابی) را با هم در یک فضا روشن می کنند. این کار مطلوب نیست و زیبایی فضا را به هم می زند.

ضریب انعکاس Reflection Factor

- بخشی از نوری که به شیئ می تابد جذب شده و بقیه آن منعکس (بازتابیده) می شود.
- ضریب انعکاس عبارت از نسبت نور بازتابیده از روی سطح، به کل نور تابیده به آن سطح است.
- معمولاً ضریب انعکاس بر حسب درصد بیان می شود و با علامت ρ نشان داده می شود.
- ضریب انعکاس یک سطح بر حسب رنگهای مختلف نور متفاوت است. به عبارت دیگر هر شیئ برای هر رنگ نور، دارای یک ضریب انعکاس معین است.
- ضریب انعکاس کلی اشیاء روشن بیشتر و اشیاء تیره کمتر است.

رنگ اشیاء

- نور خورشید دارای یک طیف کامل رنگ است یعنی همه طول موج های مختلف را داراست.
- سایر منابع نور از قبیل انواع لامپ ها شعله شمع، آتش و . . . دارای طیف کامل رنگ نیستند.
- هنگامی که نور به یک شیئ می تابد، برخی از رنگ ها بیشتر و برخی کمتر منعکس می شوند. به این ترتیب طیف نور بازتابیده از شیئ با طیف نور تابش شده متفاوت است و در نتیجه رنگ نور باز تابیده نیز با رنگ نور تابیده متفاوت خواهد بود.
- ترکیب نور بازتابیده علاوه بر مشخصات سطح بازتابشی، به مشخصات و طیف نور تابیده نیز بستگی دارد.
- رنگ هر شیئ، نتیجه ترکیب نورهای بازتابیده از روی آن شیئ است.
- نتیجه این که رنگ یک شیئ، هم به مشخصات سطح و هم به ترکیب نور تابیده شده بستگی دارد. لذا رنگ اشیاء در زیر نور خورشید با رنگ همان اشیاء در زیر نور سایر منابع مانند لامپ ها متفاوت خواهد بود.
- در صورتی که چشمه نور دارای طیف کامل نباشد (مانند انواع لامپ ها) اشیاء به رنگ واقعی دیده نخواهند شد.
- به همین دلیل رنگ اشیاء زیر نور لامپهای با رنگ دهی پایین (مانند بخار جیوه و بخار سدیم)، تفاوت زیادی با واقعیت دارد.

تصویر یک گل زیر نورهای مختلف

تصویر زیر نور خورشید

تصویر زیر نور لامپ بخار سدیم

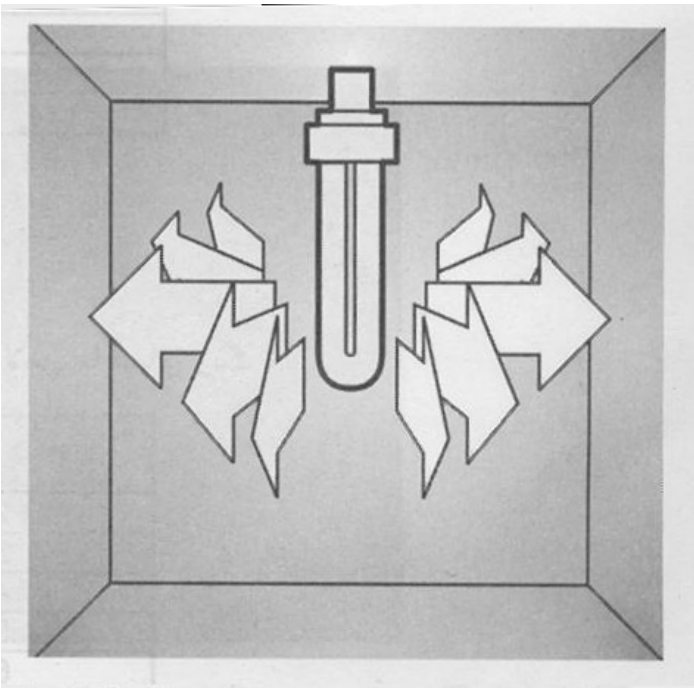
شاخص رنگ دهی Color Rendering Index

- شاخص رنگ دهی یا نمود رنگ یک چشمه نور نشان می دهد که اشیاء زیر نور منتشر شده توسط این چشمه تا چه اندازه به رنگ واقعی خود نشان داده می شوند.
- این شاخص بر حسب درصد بیان می شود.
- شاخص رنگ دهی خورشید ۱۰۰٪ است.

نوع لامپ	شاخص رنگ دهی
فلورسنت	50% - % 80
بخار سدیم	20% - % 40
متال هالید	80% - % 90
رشته ای	≈ % 100
هالوژن	≈ % 100

شار نوری

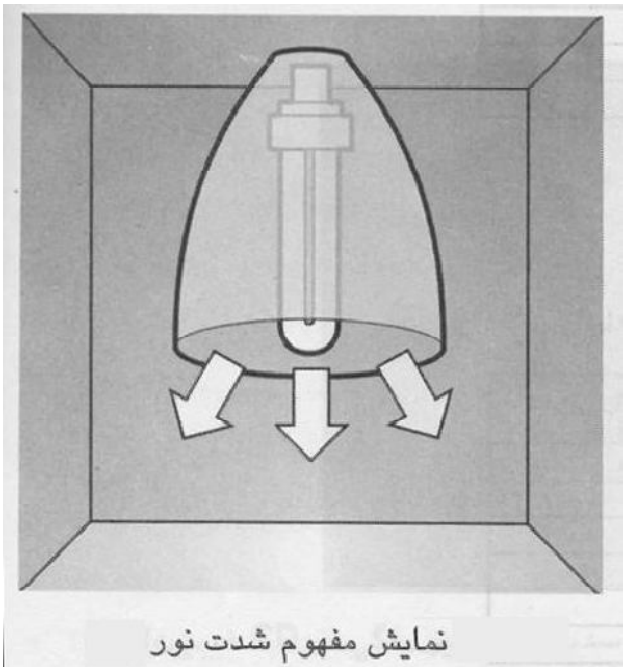
- کل نور مرئی خارج شده از یک منبع نور را شار نوری آن منبع می گویند. (این یک تعریف دقیق علمی نیست.)
- شار نوری با علامت Φ نشان داده می شود.
- واحد اندازه گیری شار نوری لومن است و با lm نمایش داده می شود.



نمایش مفهوم شار نوری خروجی از لامپ

شدت نور

- شدت نور یک چشمه نمایانگر مقدار نوری است که در یک زاویه معین منتشر می شود.
- بنابراین برای دو لامپ با مشخصات یکسان که تنها زوایای رفلکتور آنها با یکدیگر متفاوت است، آنکه زاویه رفلکتورش کمتر است شدت نور بیشتری دارد. زیرا کل شار نوری منتشر شده در زاویه کوچکتری متمرکز شده است.
- شدت نور با I نشان داده می شود.
- واحد اندازه گیری شدت نور کندل است و با Cd نمایش داده می شود.



نمایش مفهوم شدت نور

بهره نوری منبع

- این فاکتور نسبت شار نوری خارج شده از لامپ به توان الکتریکی مصرفی آن است.
- واحد اندازه گیری بهره نوری لومن بر وات lm/w است.
- بهره نوری با η نشان داده می شود و برحسب درصد بیان می گردد.

نوع لامپ	ضریب بهره نوری (Lm/w)	ضریب بهره الکتریکی (%)
رشته ای	حداکثر ۱۳/۸	حداکثر ۲
هالوژن	۱۴ تا ۲۵	۲ تا ۶/۳
فلورسنت	۵۵ تا ۸۵	۸ تا ۱۲
کم مصرف	۶۰ تا ۸۵	۵/۸ تا ۱۲
LED	۵۵ تا ۹۰	۸ تا ۱۳
جیوه ای پرفشار	۵۵ تا ۶۵	۸ تا ۹/۵
متا ل هالید	۷۰ تا ۸۰	۱۰ تا ۱۱/۶
سدیمی پرفشار	۹۰ تا ۱۱۰	۱۳ تا ۱۶

شدت روشنایی

- مقدار شار نوری که به واحد سطح می رسد را شدت روشنایی می گویند. به عبارت دیگر این فاکتور موید چگالی نـور تابیـده شده به یک سطح است.
- شدت روشنایی را با E نشان می دهند.
- واحد اندازه گیری شدت روشنایی لوکس است و با Lx نمایش داده می شود.
- بین شدت روشنایی یک سطح و شار نوری تابیده به آن سطح رابطه زیر حاکم است:

$E=\Phi/A$

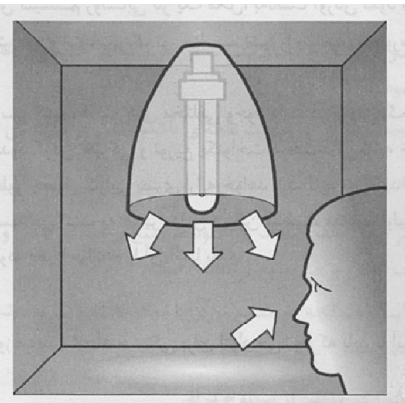
Φ = شار نوری

E = شدت نور

A = مساحت سطح مورد نظر

درخشندگی

- درخشندگی مقدار روشنایی است که از واحد سطح یک منبع روشنایی ساطع می گردد بـه عبـارت دیگـر ایـن کمیـت بیـان کننده چگالی سطحی نور در منبع یا روی سطوح باز تابشی است
- درخشندگی با نماد L و واحد Cd/m2 نمایش داده می شود.



مفهوم درخشندگی- تاثیر نور تابیده شده بر یک سطح بر روی چشم انسان

روش های تولید نور

بطور کلی روشهای تولید نور توسط لامپ ها عبارتند از:

- تولید نور به کمک حرارت مانند لامپ های رشته ای.
- تولید نور بر اثر تخلیه الکتریکی مانند لامپ های تخلیه در گاز از قبیل فلورسنت، بخار سدیم، بخار جیوه و ..... .
- تولید نور بر اثر تشعشع از کریستالها مانند LED.

لامپ رشته ای Incandenscent Lamp

- نخستین لامپی است که ساخته شد. در این لامپ، نور به کمک ایجاد گرما تولید می شود. یک رشته از فلز تنگستن بشدت داغ شده و نور تولید می کند.
- یک لامپ 100w طبق استاندارد باید 1380 لومن نور تولید کند.

انواع لامپ رشته ای

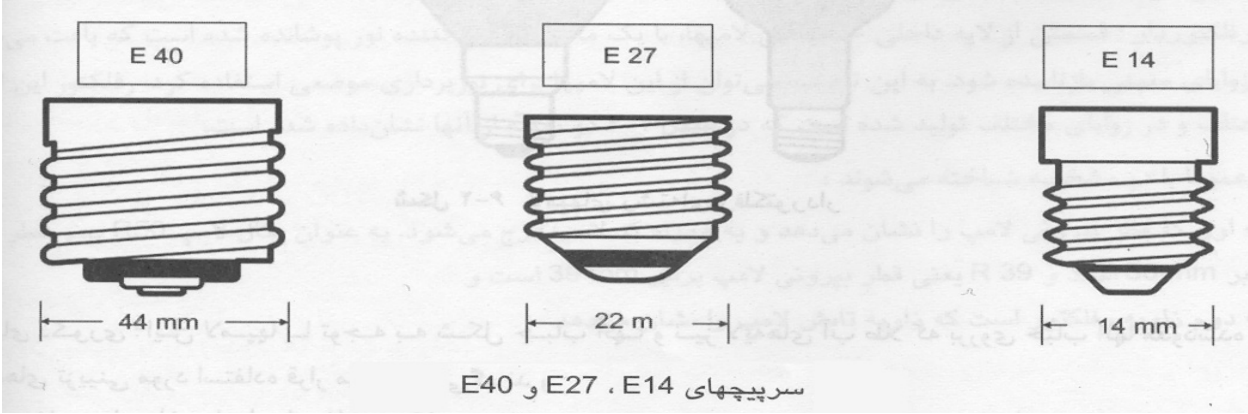
مزایای لامپ رشته ای

- ✓ نور گرم و آرامش بخش مناسب برای محل های مسکونی و استراحت تولید می کند.
- ✓ شاخص رنگ دهی عالی دارد.
- ✓ با برق AC وDC بخوبی کار می کند.
- ✓ هارمونیک ایجاد نمی کند و ضریب قدرت آن برابر یک است.
- ✓ Dimming Factor کامل دارد. (به کمک دیمر می توان نور آن را از 0% تا 100 % تغییر داد.)
- ✓ به تجهیزات راه انداز نیاز ندارد.
- ✓ ارزان است.
- ✓ بطور آنی روشن می شود.

معایب لامپ رشته ای

- ➢ بهره بسیار پایین دارد (حداکثر ۲٪ یا ۸/۱۳ لومن بر وات)
- ➢ مقدار زیادی حرارت در محیط تولید می کند.
- ➢ طول عمر کوتاهی دارد (حدود ۱۰۰۰ ساعت)
- ➢ افت شار نوری در مدت عمر زیاد است.

- تذکر۱: علت افت شار نوری، رسوب کردن بخار تنگستن روی جداره داخلی شیشه لامپ است.
- تذکر۲: گاهی از گاز کریپتون برای جلوگیری از انتقال حرارت فیلامان و افزایش راندمان استفاده می کنند.



سرپیچ های استاندارد

لامپ هالوژن Halogen lamp

ساختار لامپ هالوژن شبیه به لامپ رشته ای است با این تفاوت که در این لامپ ها با وارد کردن یک گاز هالوژن مثل برم، بسیاری از معایب لامپ های رشته ای را برطرف می کنند. و یا آنها را بهبود می بخشند. مولکول های گاز هالوژنِ داخل لامپ با تنگستنِ تبخیر شده، ترکیب می شوند. و هنگام برخورد این مولکول ها با فیلامان لامپ، تنگستن آزاد شده و مجدداً بر روی فیلامان لامپ می نشیند. این فرایند باعث می شود که:

- از رسوب تنگستن روی جداره داخلی شیشه لامپ و کاهش شار نوری آن جلوگیری شود.
- به دلیل تبخیر کمتر تنگستن، از نازک شدن فیلامان و پاره شدن آن و در نتیجه سوختن لامپ جلوگیری شود. و عمر لامپ افزایش یابد.
- در اثر عدم رسوب تنگستن روی شیشه لامپ، می توان حباب را کوچکتر و ضخیم تر و از جنس مرغوبتر انتخاب نمود. در نتیجه می توان فشار گاز داخل لامپ را افزایش داد تا تبخیر تنگستن باز هم کاهش یابد و همچنین با استفاده از مقدار کمتری گاز کریپتون ضمن افزایش راندمان لامپ، صرفه اقتصادی بیشتر بدست آورد.
- با کاهش تبخیر تنگستن می توان دمای فیلامان را افزایش داد (حدود ۳۱۰۰ درجه کلوین) و در نتیجه نور سفیدتری بدست آورد و راندمان لامپ را هم افزایش داد.
- به علت کوچکی لامپهای هالوژن به آسانی می توان نور آنها را با استفاده از یک رفلکتور مناسب، به سمت و سوی مورد نظر هدایت کرد.

انواع لامپ هالوژن

انواع لامپ هالوژن

این لامپها بر اساس کاربرد در انواع مختلفی از نظر توان، داشتن یا نداشتن و جنس رفلکتور، زاویه تابش نور، ولتاژ کار و... ساخته می شوند.

انواع مختلف از نظر ولتاژ کار

با ولتاژ اصلی (220v)

با ولتاژ کاهش یافته (24v , 12v ,6v)

مزایای لامپ هالوژن

این لامپ ها علاوه بر تمامی مزایای لامپ رشت های، مزایای زیر را نیز دارا هستند:

- ✓ لامپ های با ولتاژ اصلی نیاز به ترانسفورماتور ندارند.
- ✓ لامپ های با ولتاژ کاهش یافته دارای راندمان بالاتر بوده و به دلیل داشتن فیلامان ضخیمتر، عمر بیشتری دارند.
- ▪ نکته: هنگام طراحی مدار برقی (سیم و کابل و حفاظت) برای لامپهای با ولتاژ پایین، اغلب جریان مورد نیاز اشتباه محاسبه می شود.
- ▪ توجه: بیشتر لامپ های هالوژن موجود در بازار ایران 50w هستند. ولی سازندگان خارجی طیف وسیعی از توان های مختلف و اشکال مختلف این نوع لامپ را تولید و ارائه می کنند.

لامپ مهتابی (فلورسنت)

از انواع قدیمی لامپ ها محسوب می شود. و بدون ایجاد حرارت زیاد و بر اثر تخلیه الکتریکی در گاز داخل لامپ (بخار جیوه) نور تولید می کند. این لامپها امروزه در انواع T10, T8, T5 ساخته می شوند. نوع T5 جدیدترین نوع (دارای بالاترین راندمان و افت کم شار نوری در طول دوره عمر خود است. این لامپ ها برای نصب در ارتفاع تا حدود ۵ متر مناسبند.

انواع لامپ مهتابی(فلورسنت)

مزایای لامپ فلورسنت

- ✓ دارای طول عمر مناسب (حدود ۱۰۰۰۰ ساعت) هستند.
- ✓ راندمان بالاتری نسبت به لامپ رشته ای دارند. بنابراین حرارت کمتری ایجاد می کنند.

معایب لامپ فلورسنت

- ➢ نمود رنگ آنها از لامپ های رشته ای کمتر است (۵۰٪ تا ۷۰٪).
- ➢ به علت استفاده از چوک دارای ضریب قدرت پایین هستند. (حدود ۶/۰)
- ➢ نیازمند مدار راه انداز هستند.
- ➢ به علت استفاده از مقدار اندکی جیوه در ساخت لامپ، دوست دار محیط زیست محسوب نمی شوند.
- ➢ ابعاد لامپ بزرگ است. بنابراین به چراغ بزرگی نیاز دارد که از نظر زیبایی و فضای مورد نیاز برای نصب مشکل آفرین است.
- ➢ برای روشن شدن نیاز به مقداری زمان نیاز دارند. لذا برای استفاده در راهروها، راه پله ها و .... نامناسبند.
- ➢ کنترل نور آنها به کمک دیمر دشوار است.

لامپ کم مصرف

از نظر ساختاری معادل لامپ مهتابی هستند ولی به کمک تکنولوژی مناسب آنها را به اشکال مختلف جمع و جور کرده اند و با جایگزینی یک بالاست الکترونیک، ابعاد و وزن آنها را به یک لامپ رشته ای نزدیک کرده اند. اغلب آنها دارای یک سرپیچ استاندارد E27 مانند لامپ های رشته ای بوده و به راحتی نزدیک جایگزین این لامپها می شوند.

انواع لامپ کم مصرف

مزایای لامپ کم مصرف

- ✓ دارای راندمان خوب (حدود ۵ برابر لامپ رشته ای) هستند. (تا۱۲٪)
- ✓ طول عمر مناسبی حدود ۱۰۰۰۰ ساعت دارند.
- ✓ از نظر ابعاد نسبتاً کوچکند.
- ✓ دارای اشکال مختلف هستند.

معایب لامپ کم مصرف

- ➢ متاسفانه علیرغم داشتن بالاست الکترونیک، انواع موجود در بازار ایران ضریب قدرت پایین داشته و هارمونیک تولید می کنند.
- ➢ رنگ دهی آنها مشابه لامپ مهتابی است.
- ➢ برای رسیدن به حداکثر نور به زمانی حدود ۲ دقیقه نیاز دارند. لذا برای استفاده در راهروها، راه پله ها و.... نامناسبند.
- ➢ بالاست الکترونیک آنها در اثر خاموش و روشن شدن مکرر آسیب پذیر است.
- ➢ کنترل نور آنها به کمک دیمر دشوار است.
- ➢ به نحوه نصب حساسند. یعنی باید آنها را به صورت سرازیر نصب نمود. در غیر اینصورت راندمان کاهش می یابد.
- ➢ به دمای محیط حساسند و راندمان در دماهای بسیار پایین و بسیار بالا کاهش چشمگیر می یابد.
- ➢ مصرف بالاست الکترونیکی این لامپ ها، بخصوص در وات های پایین قابل توجه است.

لامپ LED

LED ها انرژی الکتریکی را مستقیماً به نور تبدیل می کنند و چندی است که چشم انداز امیدوارکننده ای را برای جایگزینی تمام انواع لامپ ها بوجود آورده اند. این تکنولوژی بسرعت در حال پیشرفت است و هر روز دستاورد تازه ای را ارائه می کند. تاکنون سه نسل از LED های مورد استفاده در روشنایی، به بازار عرضه شده است.

- Power led
- Smd led (Chips on Board)
- Cob led (Surface mount Device)

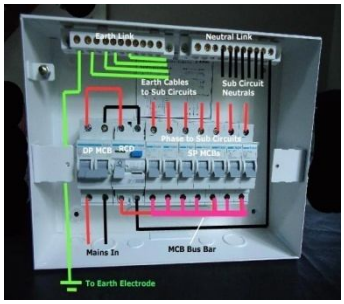
سیستم های کنترل روشنائی

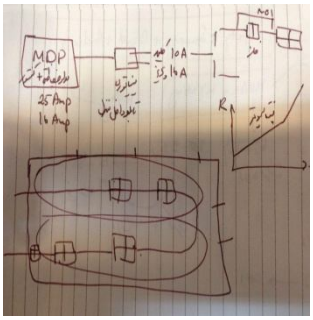
انواع سیستم های روشنایی

- سیستم های روشنایی سنتی
- سیستم های کنترل روشنایی هوشمند
  - قابلیت کنترل روشنایی/ دیمر / سرمایش/ گرمایش/ ایمنی/ تردد
  - دارای نمایشگر پیغام های مستقل: ساعت، تاریخ، شدت نور، دما و وضعیت آب و هوا
  - دارای لیبل های برجسته / مجهز به LED
  - قابلیت تعریف سناریو بدون نرم افزار: ورود، خروج
  - مجهز به ریموت کنترل IR

اجزای سیستم روشنایی سنتی

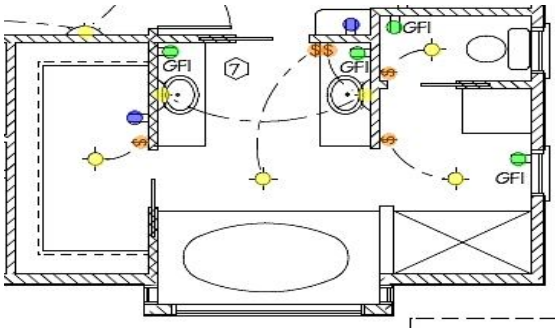
۱. تجهیزات تابلویی



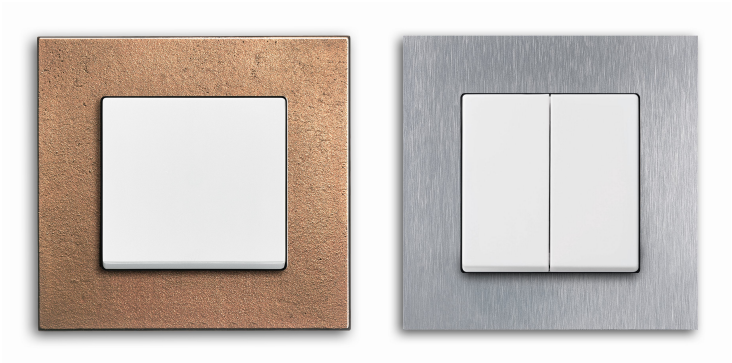


۲. تجهیزات فیلد

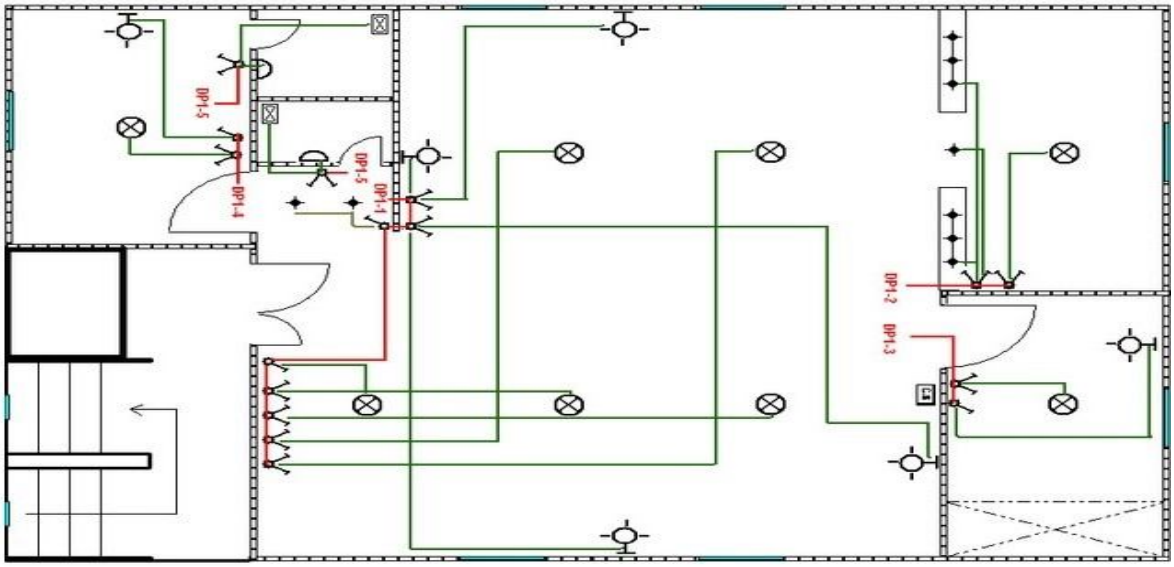
- کلید ها
- کابل کشی
- چراغ ها
- بالاست ها
- لامپ ها
- رفلکتورها



۳. انواع کلید های سنتی



۴. کابل کشی



۵. انواع چراغ ها

۶. انواع لامپ ها

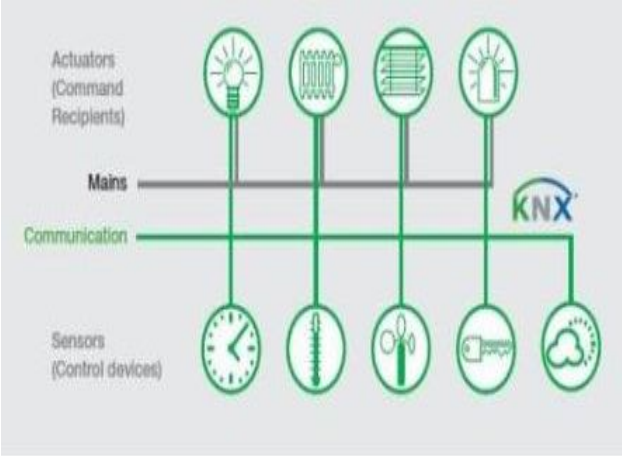
۷. انواع رفلکتورها

معایب سیستم روشنایی سنتی

- عدم امکان تغییر در نوع کنترل
- خاموشی زیاد در هنگام تغییرات و تعمیرات
- مصرف بالای انرژی و بدون صرفه جویی
- افزایش خرابی انواع چراغ ها
- تعدد پر شمار کلیدهای سنتی دیواری
- عدم امکان استفاده از سیستم های جدید روشنایی
- عدم امکان یکپارچه سازی
- عدم امکان کنترل خارج از خانه
- عدم امکان مانتورینگ
- عدم امکان کنترل داینامیک بر اساس مقدار لوکس مورد نیاز

سیستم کنترل هوشمند و اجزای آن

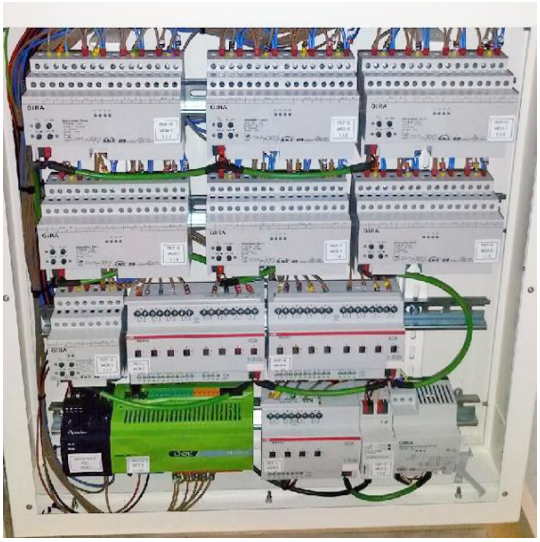
۱. تفاوت سیستم سنتی و هوشمند



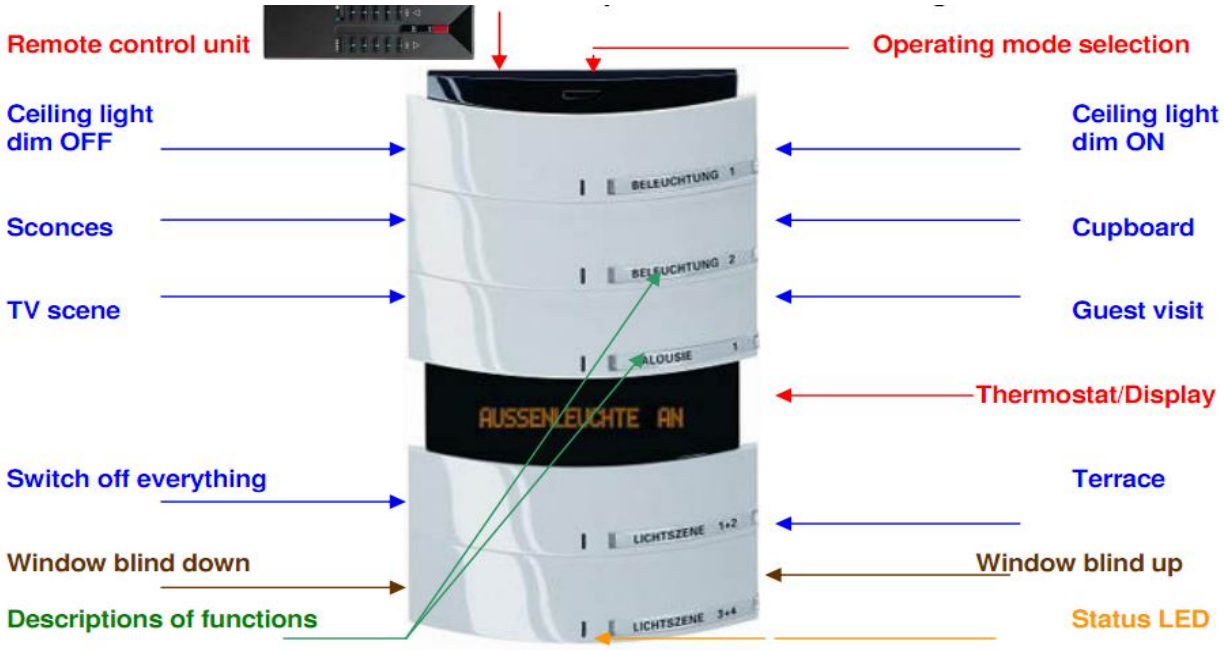
سیستم ساختار یافته

سیستم سنتی

۲. نمونه تابلو هوشمند



۳. فانکشن‌های نمونه پنل‌های کنترل هوشمند



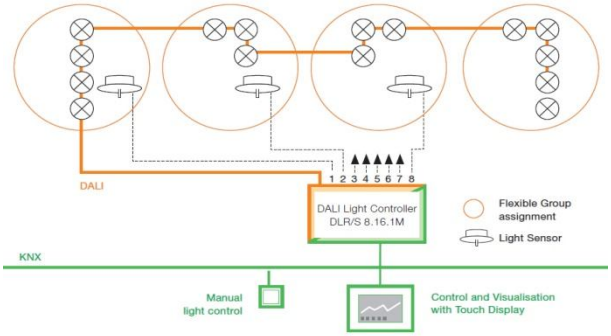
۴. کلید های هوشمند

۵. انواع کنترلرها

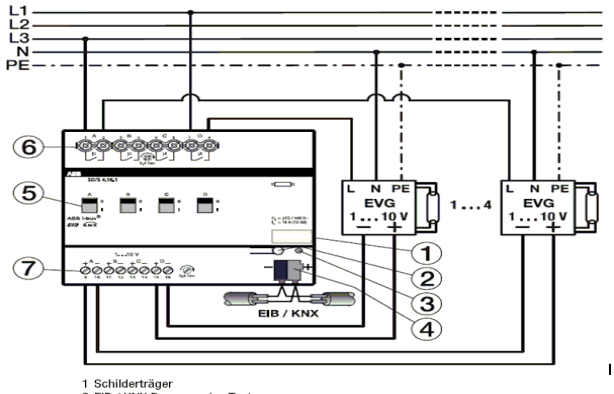
قابل استفاده کنتاکت هایی با ولتاژ آزاد، جهت سوییچ کردن دوازده بار الکتریکی مستقل از طریق i_bus ، دارای دو عملکرد دستی و بصری، منحصراً برای بارهایی که جریانی با تغییر ولتاژ بالا دارند مناسب است، مانند روشنایی فلورسنت.

یک دیمر مولتی کاناله (چهار کاناله) بمنظور کنترل لامپ های تابان، لامپ های هالوژن تابان، لامپ های هالوژن تابان ۲۳۰ ولت، لامپهای هالوژن ولتاژ پائین با ترانسفورماتور الکترونیک یا معمولی و لامپهای هالوژن Saving Energy قابل دیم، مناسب می باشد.

واسط نورپردازی دیجیتال آدرس پذیر (Digital addressable lighting interface)



کنترل هوشمند دیم ۰ - ۱۰



1 Schilderträger
2 EIB / KNX Programmier-Taste
3 Rote EIB / KNX Programmier-LED
4 EIB / KNX Anschlussklemme
5 Schaltstellungsanzeige und EIN / AUS Handbetätigung
6 Laststromkreis, je 2 Schraubklemmen pro Kanal
7 Steuerstromkreise 1...10 V, je 2 Schraubklemmen pro Kanal

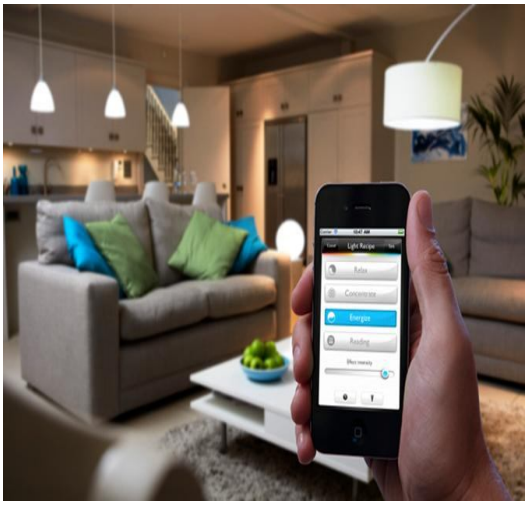
Zone Controller

۶. انواع سنسورها

۷. کابل کنترلی

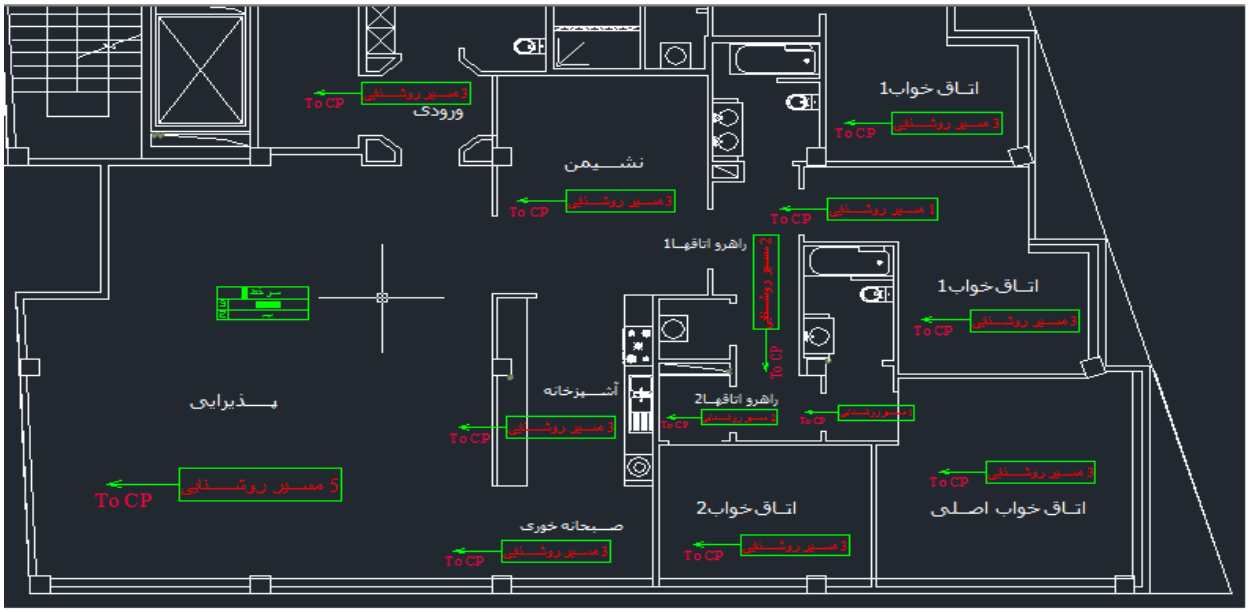
مقایسه قابلیت‌های تاسیسات سنتی و هوشمند	تاسیسات سنتی	تاسیسات هوشمند
کنترل روشنایی از هر نقطه در خانه (سناریوهای روشنایی)	خیر	بله
خاموش کردن خودکار چراغ‌ها قبل از خوابیدن یا به هنگام ترک خانه	خیر	بله
کاهش خودکار دما هنگام ترک خانه و قبل از خواب (هر ۱ درجه سانتی‌گراد کاهش موجب ۶٪ صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود)	خیر	بله
کنترل پرده‌های پنجره‌ها از هر نقطه خانه	خیر	بله
بستن پرده‌های پنجره‌ها بعد از ترک خانه یا بعد از غروب آفتاب (به گونه‌ای که مشاهده ساکنان از خارج از ساختمان، غیرممکن باشد)	خیر	بله
امکان نوسازی یا ارتقای تاسیسات بدون آسیب به دیوارها	خیر	بله
گزینه تجمیع با سیستم هشدار (مثلاً در صورت ورود غریبه‌ای به ساختمان، چراغ‌های خانه و باغچه روشن شوند)	خیر	بله

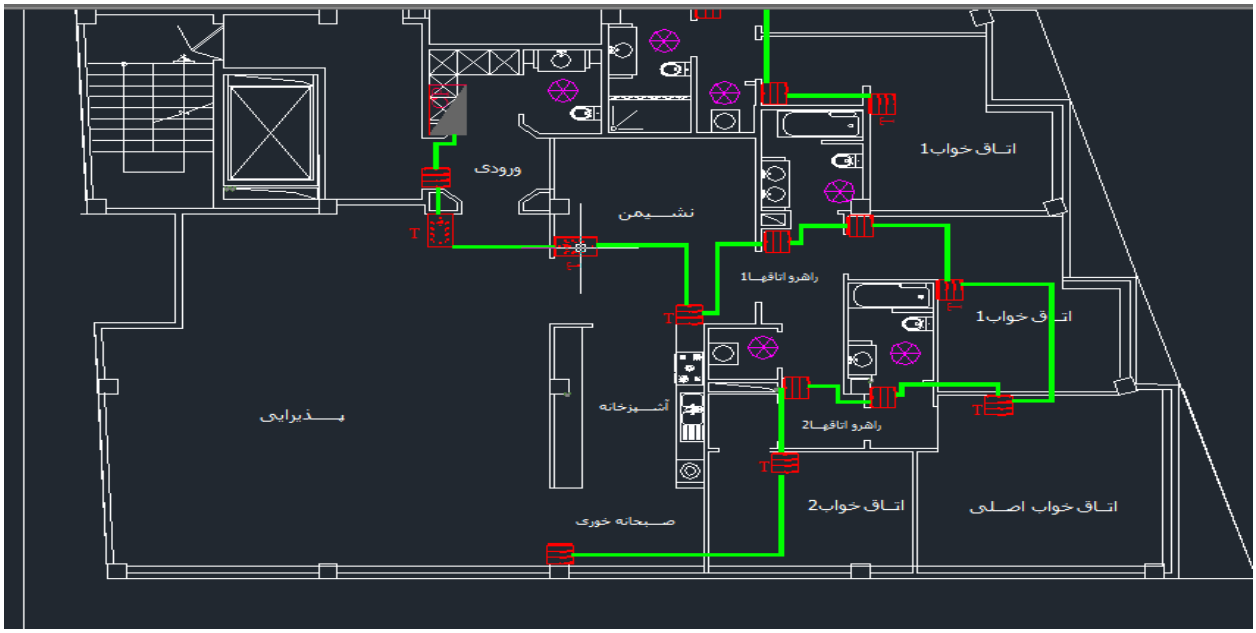
مزایای سیستم روشنایی هوشمند

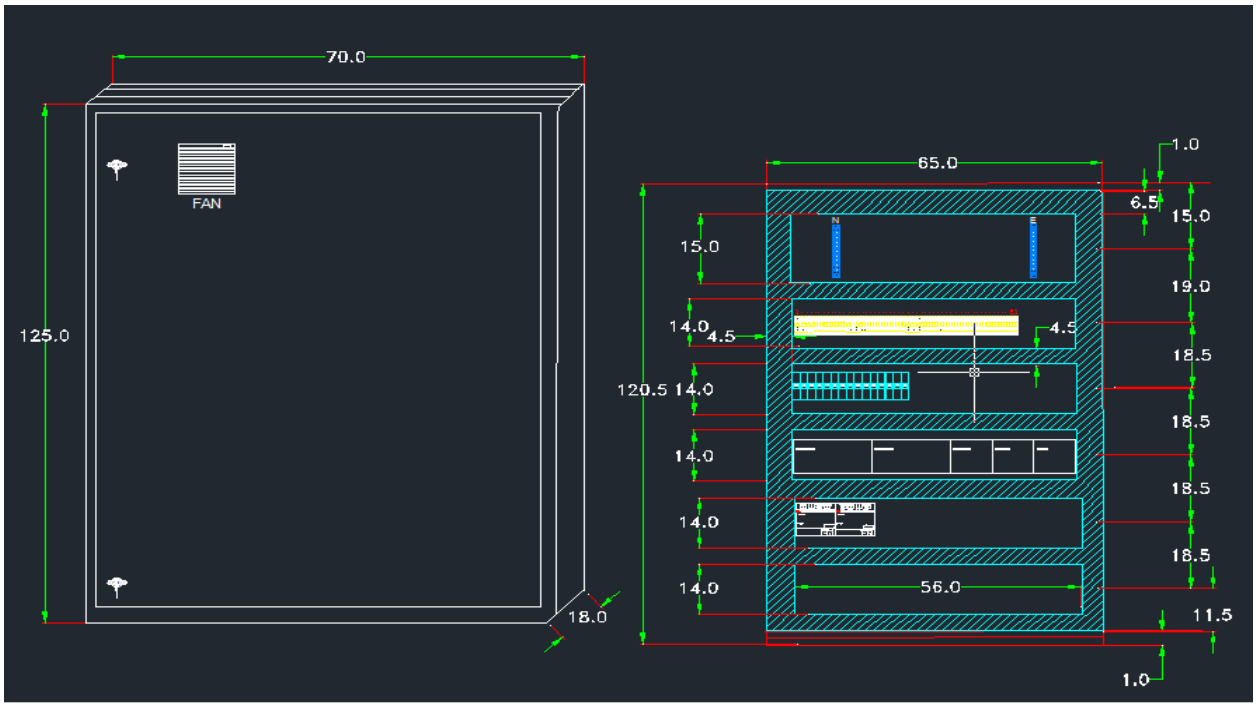


- ✓ انعطاف پذیری
- ✓ اجرای انواع طرح های صرفه جویی در مصرف انرژی
- ✓ تغییر اصولی شدت نور یا دیم کردن روشنایی
- ✓ سناریو پذیری
- ✓ استفاده از کلیدهای هوشمند دیواری با تعداد پل بالا (خروجی بالا)
- ✓ کنترل روشنایی از طریق درگاه های ارتباطی هوشمند از راه دور و نزدیک
- ✓ شکیل بودن و راحتی مدیریت و کنترل هوشمند
- ✓ راحتی در تعمیرات و تغییرات
- ✓ امکان یکپارچه سازی
- ✓ امکان مانیتورینگ
- ✓ امکان کنترل داینامیک بر اساس مقدار لوکس مورد نیاز

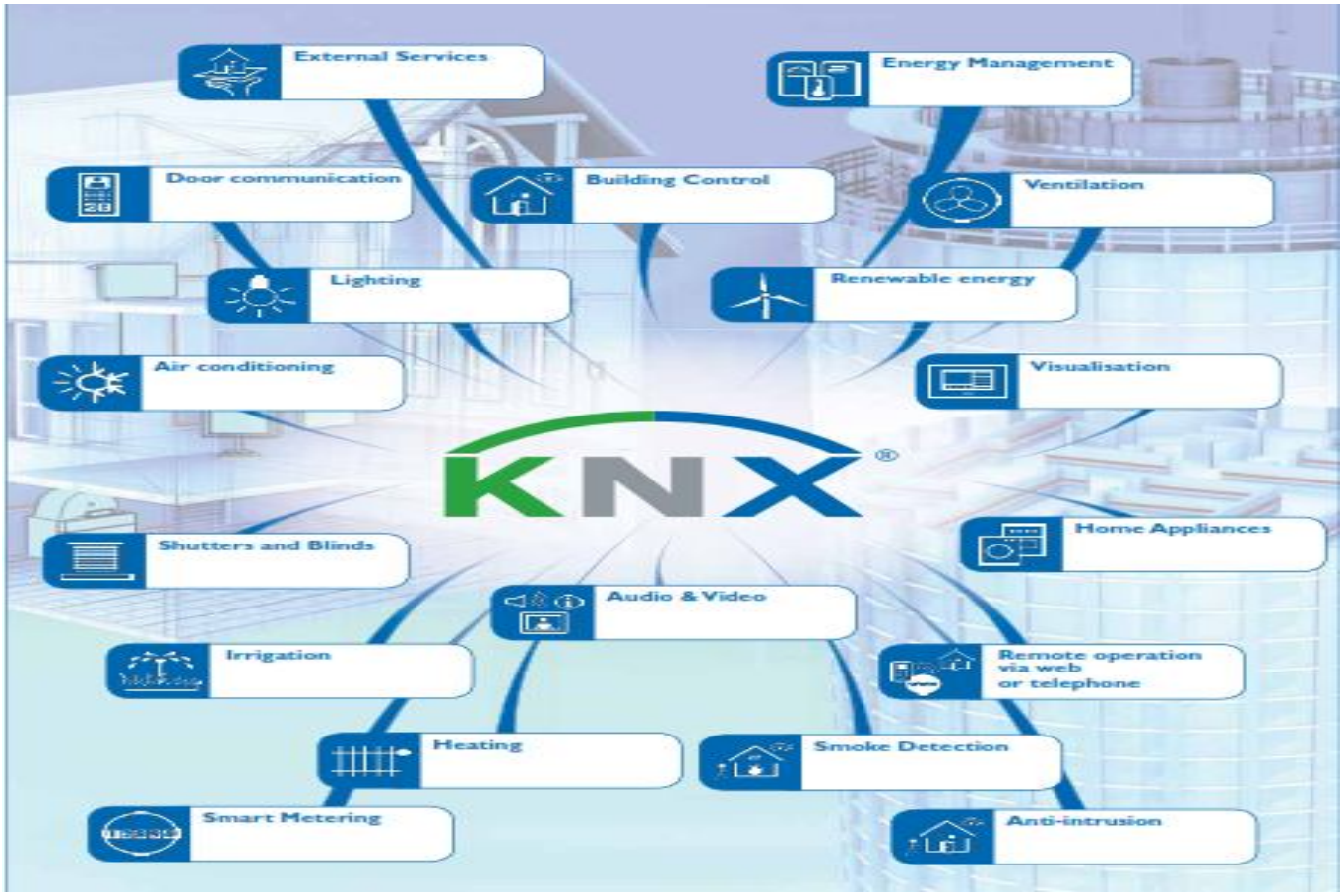
نمونه پروژه طراحی شده







یکپارچه سازی



معرفی برخی از برند ها

برچسب محیط زیست در ساختمان های سبز

آشنایی با گواهینامه لیید

(LEED Certificate)

Leadership in Energy & Environmental Design

مقدمه

حفاظت از محیط زیست که نسل امروز و نسل های بعد باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می گردد. از این رو فعالیت های اقتصادی و غیرآن که با آلودگی محیط زیست یا تخریب غیرقابل جبران آن ملازمه پیدا کند ممنوع است. (اصل ۵۰ قانون اساسی)

جامعه ایرانی در افق چشم انداز ۲۰ ساله ۱۴۰۴ دارای ویژگی های زیر است:

برخوردار از سلامت، رفاه، امنیت غذایی، تامین اجتماعی، فرصت های برابر، توزیع مناسب درآمد، نهاد مستحکم خانواده، به دور از فقر، فساد، تبعیض **و بهره مند از محیط زیست مطلوب.**

در **ماده ۱۹۰ برنامه پنجم توسعه کشور** کلیه دستگاههای اجرایی و موسسات و نهادهای غیر دولتی موظف به **کاهش اعتبارات هزینه ای** دولت، اعمال سیاست های مصرف بهینه منابع پایه و محیط زیست برای اجرای برنامه مدیریت سبز شامل مدیریت مصرف انرژی، مواد اولیه و تجهیزات، کاهش مواد زاید جامد و بازیافت طبق آیین نامه سازمان حفاظت محیط زیست شده اند.

ساختمان پایدار چیست و چه ضرورتی برای احداث آن وجود دارد؟

نقش ساختمان ها و شهرها نهادینه کردن **تحقق توسعه پایدار** است. همچنین ساختمانها بزرگترین استفاده کنندگان مصالح خام هستند. سرمایه محیطی محصور شده در آنها بسیار زیاد است و به همان اندازه زباله برجای می گذارند. برای درک بیشتر موضوع و اینکه ساختمان چه سهمی در زندگی بشر دارد، اطلاعات جدول زیر به ما کمک می کند:

عمر	ما حداقل ۸۰٪ از عمر خود را در ساختمان ها و بخش اعظمی از باقیمانده آن را در شهرها سپری می کنیم.
انرژی	نزدیک به ۵۰٪ از انرژی تولید شده، برای گرمایش، روشنایی و تهویه مطبوع ساختمان ها مصرف می شود.
زمین	۸۰٪ از مهمترین زمین های کشاورزی خالی از کشت برای اهداف ساختمان سازی به کار می روند و بخش زیادی از زمین های باقیمانده در اثر بالا آمدن سطح آب ناشی از گرمای جهانی از دست رفته است.
مصالح	۶۰٪ از منابع جهان در ساختمان سازی مصرف می شود.
چوب	۶۰٪ از چوب تولیدی جهان و نزدیک به ۹۰٪ از چوب های جنگلی در ساختمان سازی مصرف می شود.

شیوه های سنجش پایداری در ساختمان

در اکثر کشورهای دنیا توسعه پایدار و مخصوصاً پایداری در معماری، طراحی و اجرای ساختمانهای دوستدار محیط زیست، موضوعی اساسی و کلان می باشد. از این میان، آن دسته از کشورهایی که در این کار پیشتاز بوده اند، به سرعت به فکر طراحی یک سامانه سنجش برای این موضوع افتاده اند. امروزه شیوه های سنجش و رتبه بندی های متعددی برای سنجش پایداری ساختمان در اقصی نقاط جهان وجود دارد که سامانه های LEED، BREEAM، و مروارید امارات از آن جمله می باشند.

سامانه سنجش BREEAM

این سامانه، عمومی ترین سیستم ارزیابی مورد استفاده توسط طراحان انگلیسی برای ساختمان های مسکونی، اداری، تجاری و دیگر کاربری ها می باشد.

بریم برای مشخص کردن معیارها برای کاربری های خاص، دفترچه های ارزیابی را در **۸ کاربری** مختلف تهیه کرده است که عبارتند از: مسکونی، اداری، تجاری، آموزشی، صنعتی، درمانی، دادگاه و زندان

بریم با وجود جامعیت، کاربرد ساده ای دارد و از یک سیستم امتیازدهی نتیجه شده است که راهبردهای طراحی متفاوتی را برای مقایسه قبل از ساخت مورد استفاده قرار می دهد.

برخی از فاکتورهای این سامانه عبارتند از:

- بازیافت و استفاده مجدد از مصالح
- ویژگی های بهداشتی ساختمان
- استفاده از فناوری های تولید انرژی کم کربن یا بی کربن
- کیفیت و تهویه هوا
- حفاظت از آب و بازیافت فاضلاب
- نور، استفاده از منابع نوری با فرکانس بالا
- امنیت در ساختمان
- دسترسی مناسب به سیستمهای حمل و نقل عمومی

سامانه ارزیابی کیفیت ساختمان در خاورمیانه - امارات متحده عربی

در بین کشورهای حوزه خاورمیانه، امارات متحده عربی، در امر ساختمان سازی و شهرسازی و همگام بودن با سیستم های نوین بین الملل، گوی سبقت را از دیگر کشورها ربوده است. این کشور با الگوهای ارائه شده توسط انجمن طراحی شهری ابوظبی (UPC) اقدام به پیاده سازی سیستم LEED و انطباق آن با الگوهای اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی امارات نمود و در نهایت سامانه بومی مروارید را به کار برده است.

این سامانه معیارهای ارزش پایداری را برای ساختمان های مسکونی، اداری و تجاری در سه مرحله طراحی، ساخت و بهره برداری مورد ارزیابی قرار می دهد.

در این سامانه موضوعاتی چون:

مدیریت مصرف انرژی، استفاده مجدد از ساختمان، کاهش میزان مصالح مصرفی در ساخت ساختمان ها، مدیریت مصرف آب و بارش باران، مدیریت بهره برداری از نور خورشید، تامین آسایش حرارتی در ساختمان، کاهش حداکثری آلودگی صوتی در داخل و خارج از ساختمان و فراهم کردن مقدمات رسیدن به توسعه پایدار در سال ۲۰۳۰ مورد بررسی و کالبدشکافی قرار گرفته است.

استاندارد LBC

استاندارد «چالش ساختمان محل زندگی» که عنوان برچسب آن به صورت LBC است، یکی از سخترین گواهی نامه ها برای صنایع شناخته می شود. LBC از استانداردهای LEED چند گام فراتر می رود و ساختمان را با معماری ذاتی به کار رفته در طبیعت مقایسه می کند. از جمله موارد لازم برای دریافت این برچسب می توان به مصرف انرژی خالص صفر، آلودگی خالص صفر و مصرف آب خالص صفر اشاره کرد. جالب اینجاست که ساختمان هایی نیز موفق به دریافت این برچسب شده اند.

گواهی نامه های موردی Energy Star

ستاره انرژی، سیستمی است که توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، EPA برنامه ریزی شده است تا مشتریان را در مورد مصرف انرژی خانه ها راهنمایی کند. برچسب آبی رنگ نشان دهنده این خواهد بود که ساختمان مورد نظر، مصرف انرژی پایینی دارد و از لحاظ هزینه های انرژی به صرفه خواهد بود.

گواهی های موردی Water Sence

این سیستم باز هم متعلق به EPA است و به مشتری کمک می کند تا ساختمانی با مصرف آب کم انتخاب کند. برای دریافت این برچسب، متقاضیان باید ثابت کنند که ساختمانشان حداقل ۲۰ درصد در مصرف آب صرفه جویی دارد.

تعدادی از استانداردهای سنجش پایدار در ساختمان

سیستم رتبه بندی ساختمان سبز (LEED : Leadership in Energy and Environmental Design)

- LEED در واقع واژه ای است که از ابتدای کلمات عبارت ذیل که به معنای مـدیریت در انرژی و طراحی محیطی می باشد به دست آمده است.

Leadership in Energy and Environmental Design

- از لحاظ بین المللی LEED گواهی برای ساختمان هـای سـبز مـی باشـد. ایـن گـواهی سومین بخشی است که تایید می کند یک سـاختمان یـا مجموعـه بـه شـکلی طراحـی و ساخته شده است که از استراتژی هایی که در جهت بهبود عملکرد بنا با توجـه بـه تمـام معیارها و استانداردهای مهم مانند: ذخیره انرژی، بهره وری مناسب از آب، کاهش انتشـار گاز دی اکسید کربن، بالا بردن کیفیت محیط های داخلی و نظارت بر منابع و حساسـیت بر میزان مصرف آنها عمل می کنند، استفاده کرده است.
- گواهی LEED به وسیله انجمن ساختمان سبز آمریکاUSGBC:U.S Green) Bulding Council) گسترش یافته است. LEED برای مالکان و سازندگان ساختمان یک چارچوب را برای شناختن، اجرا کردن، طراحی، ساخت و سـاز، اجـرا و راه حـل های نگهداری در ساختمان های سبز به شکل عملی و قابل اندازه گیری به وجود آورده است.

اهداف LEED

- کاهش هزینه های ساخت و بالا بردن ارزش سرمایه
- کم کردن مواد زایدی که به محل دفن زباله برده می شوند
- نگهداری از انرژی و آب
- به وجود آوردن محیطی سالم تر و ایمن تر برای ساکنان
- کاهش انتشار گازهای مخرب گلخانه ای
- تعهد مالکان برای مسئولیت پذیری در برابر جامعه و نظارت بر محیط
- تعریف ساختمان سبز با نشر استانداردهای معمولی اندازه گیری
- مدیریت و نظارت محیطی بر ساختمانهای صنعتی
- ایجاد رقابت در طراحی سبز
- بالا بردن آگاهی مردم و مسئولان در مورد فواید ساختمان سبز

مخاطبان LEED

- معماران، معماران منظر
- صاحبان املاک و مستغلات
- مدیران تاسیسات و امکانات
- مهندسان، مجریان
- طراحان داخلی
- مدیران ساخت و ساز
- ماموران رسمی دولت و ....
- همه این افراد از LEED برای انتقال محیط ساخته شده به سمت پایداری استفاده می کنند.

LEED در ۵ سرفصل محیط زیستی ارائه طریق می دهد:

۱. سایت های سازگاری با محیط زیست
۲. کارایی و بازدهی آب
۳. انرژی و جو
۴. حفظ مصالح و منابع
۵. کیفیت داخلی ساختمان از نظر زیست محیطی

۱- سایت های سازگار با محیط زیست:

توجه به عوامل در زمان طراحی سایت موجب تاثیر گذاری به این بخش می شود.

a) محل ساختمان
b) طراحی محوطه با توجه به محیط های طبیعی و کشاورزی
c) استفاده از زمین های خالی بین ساختمانها و زمین هایی که کاربری های آلوده کننده قبلی را داشته اند
d) کاستن نیاز به اتومبیل
e) بهینه سازی بافت محلی
f) مدیریت و کنترل آبهای سطحی
g) کاهش آلودگی

۲- کارایی و بازدهی آب:

a) کاهش میزان آب مورد نیاز برای ساختمان و افراد (مصرف بهینه آب)
b) عدم استفاده از آب شرب برای آبیاری و شست و شو
c) استفاده از فناوری های جدید برای تصفیه فاضلاب ها
d) حفاظت از کیفیت آب شرب و آب رودخانه ها، نهرها و دریاچه ها

۳- انرژی و جو

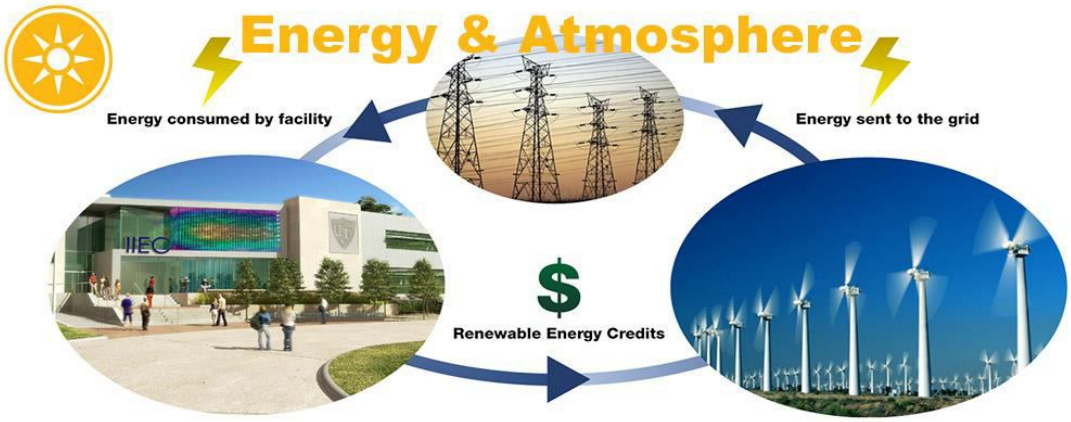
a) مدیریت بر تاثیر گذاری انرژی ها به اتمسفر زمین و حتی الامکان کاهش مصرف انرژی

b) استفاده از انرژی ها تجدید پذیر

c) نگهداری دوره ای و اصولی از ساختمان ها

d) حذف گازهای گلخانه ای

e) عدم استهلاک لایه ازن



۴- مصالح و منابع:

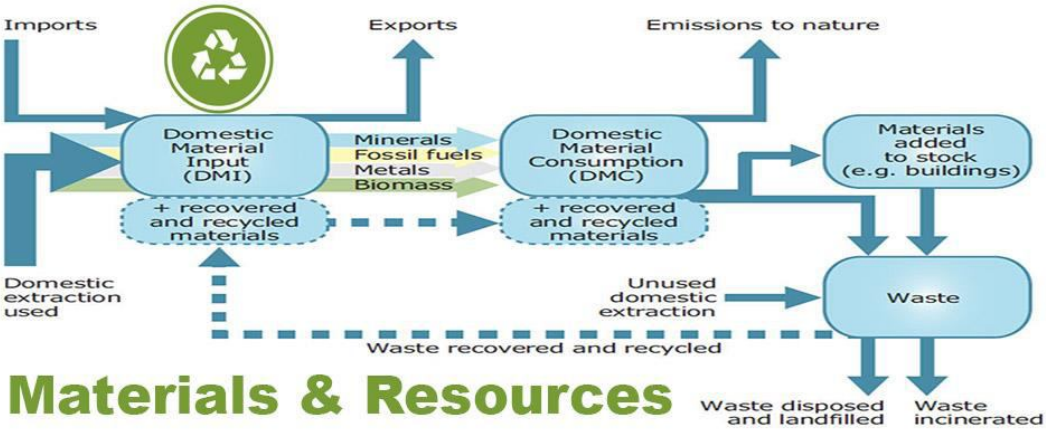
a) استفاده مجدد از ساختمان های موجود

b) کاهش مقدار مصالح مصرفی

c) استفاده از مصالح محلی، منطقه ای و تجدید پذیر

d) استفاده صحیح از منابع چوبی برداشت شده و جایگزینی آن

e) کاهش ضایعات و مدیریت بر آن



۵- کیفیت داخلی ساختمان به لحاظ زیست محیطی

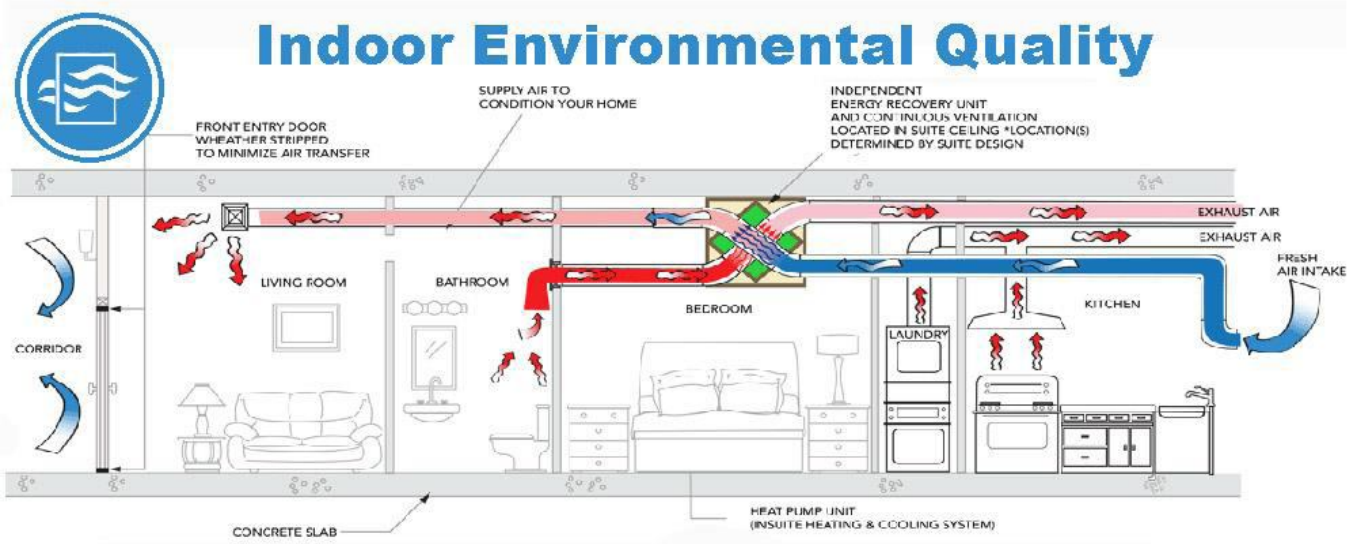
a) حذف یا کاهش منابع آلوده کننده داخل ساختمان

b) تهویه هوا و کنترل آلوده کننده ها

c) مطالعات حرارتی و برودتی و جلوگیری از پرت حرارتی

d) کنترل کیفیت هوا

e) استفاده صحیح و بهینه از نور و منظر



ساختار اصلی سیستم رتبه بندی - LEED 2009

۱. فرآیند نوآوری و طراحی (ID). Inovation & Design روش های خاص طراحی، شاخص های خاص منطقه ای، اندازه گیری هایی که در حال حاضر در سیستم رتبه بندی منظور نشده اند و سطح نمونه و الگوی عملکرد.

۲. محل و پیوندها (LL). Location & Linkage تعیین محل خانه ها به روش هایی از لحاظ اجتماعی و زیست محیطی مسئولانه، در ارتباط با جامعه بزرگتر.

۳. سایتهای پایدار (SS). Sustainable Sites استفاده از تمامی ملک، به صورتی که تاثیر پروژه بر روی سایت به حداقل برسد.

۴. بهره وری آب (WE). Water Efficiency روش های بهره وری آب، هم در فضای داخلی و هم در فضای خارجی.

۵. انرژی و اتمسفر (EA). Energy & Atmosphere بهره وری انرژی، به خصوص در پوشش ساختمان و طراحی گرمایش و سرمایش.

۶. مواد و منابع (MR). Materials & Resorces بهره برداری کارآمد از مواد، انتخاب موادی با برتری زیست محیطی و به حداقل رساندن ضایعات در حین ساخت و ساز.

۷. کیفیت محیطی داخلی (IEQ). Internal & External Quality

۸. آگاهی و آموزشی (KL). Knowledge & Learn

سطوح گواهی لید برای خانه ها

سطوح گواهی لید برای خانه ها	تعداد امتیازهای لازم برای خانه ها
مجاز	۴۵ -۵۹
نقره	۶۰ -۷۴
طلا	۷۵ -۸۹
پلاتین	۹۰ -۱۳۶
مجموع امتیازهای موجود	۱۳۶

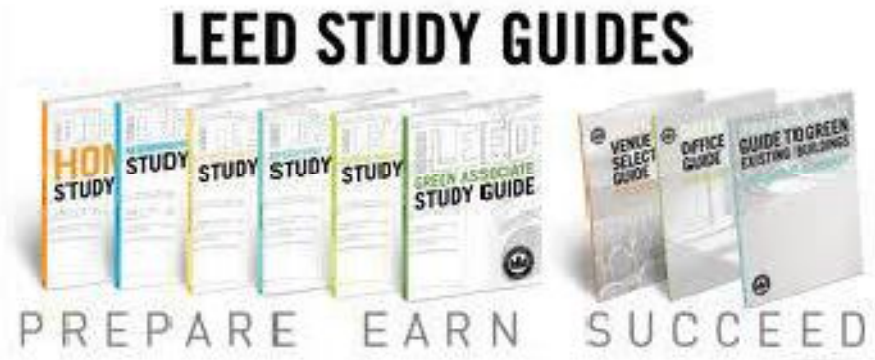
پیش شرط ها و حداقل امتیاز لازم

طبقه بندی شاخص	حداقل امتیاز لازم	حداکثر امتیاز مقدور
فرآیند نوآوری و طراحی (ID)	۰	۱۱
محل و پیوندها (LL)	۰	۱۰
سایتهای پایدار (SS)	۵	۲۲
بهره وری آب (WE)	۳	۱۵
انرژی و اتمسفر (EA)	۰	۳۸
مواد و منابع (MR)	۲	۱۶
کیفیت محیطی داخلی (IEQ)	۶	۲۱
آگاهی و آموزشی (KL)	۰	۳
مجموع	۱۶	۱۳۶

سودهای اقتصادی

کاهش هزینه عملیات: هزینه مصرف انرژی و آب در ساختمانهایی که با فناوری لید (LEED) طراحی شده اند به میزان قابل توجهی نسبت به ساختمان های قدیمی کاهش یافته که این میزان در طول یک دوره زمانی قابل رسیدگی می تواند هزینه های اولیه را جبران و به شاخص مثبت سرمایه گذاری دست یابند. ساختمان هایی که به نحو مطلوب با این فناوری ساخته شده اند می توانند منجر به توسعه و پیشرفت پروژه های آتی شوند. بازسازی ساختمان های موجود می تواند هزینه ساختمانی و زیرساختارهای آن را کاهش دهد. در این سیستم با استفاده از برخی توانمندی ها می توان از یک پروژه به عنوان پشتوانه پروژه دیگر استفاده کرد. با کوچک شدن برخی تجهیزات مانند چیلرها می توان از مصرف بی مورد جلوگیری کرد.

گواهی نامه های فردی تخصصی لیید



لیید دانشیاری سبز LEED Green Associate

گواهینامه لیید دانشیاری سبز برای افرادی که قصد نشان دادن مهارت ساخت و ساز سبز در زمینه های غیر فنی را دارند از اهمیت ویژه ای برخوردار است. موسسه صدور گواهینامه ساختمان سبز (GBCI) گواهینامه دانشیار سبز را مورد تائید قرار داده و آن را به عنوان دانش پایه در طراحی سبز، ساخت و ساز و عملیات معرفی کرده است.

لیید معتبر و حرفه ای طراحی + ساخت و ساز LEED AP BD + C

گواهینامه معتبر و حرفه ای طراحی ساختمان و ساخت و ساز، یک استاندارد را برای متخصصین در طراحی و ساخت ساختمان های مسکونی با کارایی بالا، سالم، با دوام، مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست، تجاری، سازمانی و بلند مرتبه فراهم می کند. موسسه گواهینامه ساختمان سبز اعتبار مخصوصی را در طراحی ساختمان سبز + ساخت و ساز بر مبنای سیستم رتبه بندی لیید، مخصوص افزایش اطلاعات در زمینه های ساختمانهای جدید، لیید مدارس و لیید در نمای داخلی و خارجی ساختمان ها ارائه نموده است.

لیید تخصصی و حرفه ای طراحی داخلی + ساخت و ساز LEED AP ID + C

این گواهینامه تخصصی و حرفه ای طراحی داخلی و ساخت و ساز سازگار با محیط زیست لیید استانداردی را برای طراحی و ساخت فضاهای تجاری با کارائی بالا و بهبود استفاده کننده فراهم می کند. موسسه صدور گواهینامه سبز ایجاد این اعتبارنامه تخصصی را به معنی دانش و آگاهی علمی از طراحی داخلی + ساخت و ساز سیستم رتبه بندی لیید با نام لیید برای فضای داخلی ساختمان های تجاری عنوان نموده است.

لیید تخصصی و حرفه ای خانه ها LEED AP Homes

اعتبارنامه خانه ها، استاندارد حرفه ای را برای شرکت در طراحی و ساخت و ساز خانه های سبز با عملکرد بالا فراهم می کند. صدور گواهینامه موسسه ساختمان سبز (GBCI) ایجاد این اعتبارنامه تخصصی را به معنای دانش و آگاهی عملی از LEED برای سیستم درجه بندی خانه ها عنوان میکند.

لیید تخصصی و حرفه ای اجراء + تعمیر و نگهداری LEED AP O + M

این گواهینامه تخصصی و حرفه ای بهره برداری و نگهداری، استانداردی را برای کسانی که در این زمینه فعالیت دارند را برای اجراء و نگهداری ساختمان های موجود و ساخته شده که می خواهند با محیط زیست هماهنگ و پایدار باشند را تعریف نموده است. موسسه صدور گواهینامه سبز ایجاد این اعتبارنامه تخصصی را به معنی دانش و آگاهی علمی در اجرا و نگهداری سیستم رتبه بندی لیید با نام لیید برای اجرا و نگهداری ساختمان های موجود عنوان نموده است.

لیید تخصصی و حرفه ای توسعه محله یا مجتمع LEED AP ND

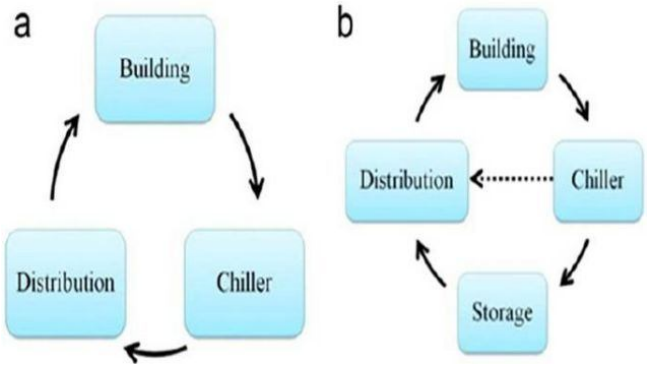
این گواهینامه تخصصی و حرفه ای توسعه محله یا مجتمع، استانداردی را برای کسانی که در زمینه طراحی و توسعه محله یا مجتمع فعالیت دارند و می خواهند با محیط زیست هماهنگ و پایدار باشند را تعریف نموده است. موسسه صدور گواهینامه سبز ایجاد این اعتبارنامه را به معنی دانش و آگاهی علمی در توسعه محله یا مجتمع سیستم رتبه بندی لیید با نام لیید برای توسعه محله یا مجتمع عنوان نموده است.

سیستم های ذخیره انرژی حرارتی

سرمایشی & گرمایشی

TES

در حال حاضر بیشتر منابع انرژی، مخصوصاً انرژی باد و خورشید، منابع انرژی وابسته به زمان هستند، که دانسیته انرژی آنها در ساعات محدودی از شبانه روز و به طور عمده در فصول خاصی در دسترس است. در اینجا تکنولوژی ذخیره انرژی می تواند برای ذخیره مازاد انرژی های تجدید پذیری که در ساعات حداکثری تولید بدست آمده اند، مفید واقع شود، تا انرژی را در ساعاتی که میزان تولید پایین است جبران کنند. ذخیره انرژی حرارتی یک تکنولوژی پیشرفته برای ذخیره انرژی گرمایی است، که در میان این تکنولوژی ها روش ذخیره حرارت شیمیایی یک روش در حال ظهور با پتانسیل بالا برای ذخیره انرژی با دانسیته زیاد است. این روش می تواند یکی از تکنولوژی های قابل اتکا برای ذخیره حرارت و کاربردی تر کردن منابع انرژی های تجدید پذیر در فصل ها و ساعات متفاوتی باشد.

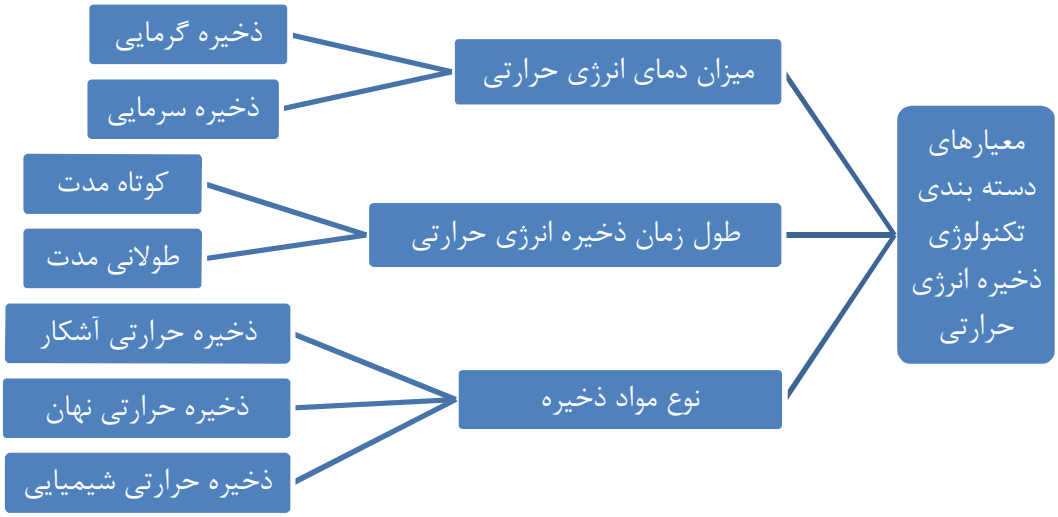


ضرورت بکارگیری تکنولوژی ذخیره انرژی

- افزایش روز افزون تقاضای انرژی و محدودیت منابع انرژی های فسیلی
- نگرانی های مربوط به آثار زیست محیطی: انتشار گازهای گلخانه ای و آلودگی هوا
- نیاز به تغییر در سیستم های انرژی و استفاده از انرژی های تجدید پذیر
- سیستم هایی برای به کارگیری انرژی های تلف شده و یکپارچگی انرژی
- وابستگی انرژی های تجدید پذیر از جمله انرژی گرمایش خورشید به زمان
- عدم تطابق فصلی بین تقاضای حرارتی (بیشتر در زمستان) و دسترسی انرژی حرارت خورشیدی (بیشتر در تابستان)
- نیاز به برقراری تعادل میان عرضه و تقاضای انرژی (زمانی که انرژی تولید می شود و زمانی که انرژی نیاز است)
- ذخیره انرژی حرارتی در ساعات حداکثری تولید و مصرف آن در زمان مورد نیاز

انواع روش های ذخیره انرژی حرارتی

- فاکتورهای متفاوت و موثر بر انتخاب نوع تکنولوژی ذخیره انرژی حرارتی
- دسته بندی روش ها بر اساس این فاکتورها



روش های ذخیره سازی انرژی

- فرآیندهای شیمیایی
- فرآیندهای فیزیکی
  - ✓ گرمای محسوس
  - ✓ گرمای نهان
    - تغییر فاز جامد - مایع
    - تغییر فاز مایع - بخار
    - تغییر فاز جامد - بخار

ذخیره حرارتی آشکار

- ☜ ذخیره انرژی به وسیله گرم و سرد کردن یک مایع یا جامد به عنوان ماده ذخیره
- ☜ $Q = m\,Cp\,\Delta T$ (m: مقدار جرم ماده، Cp: گرمای مخصوص ماده، ΔT: اختلاف دما)
- ☜ مواد: آب، هوا، نفت، سنگ، آب نمک، بتن، شن و خاک
- ☜ استفاده در مقیاس های بزرگ مانند سفره های آب زیر زمینی

ذخیره حرارتی نهان

- ♦ گرمای نهان شامل تغییر فاز یک ماده در دمای ثابت
- ♦ $Q = m\,L$ (m: مقدار جرم ماده، L: گرمای نهان مخصوص ماده ذخیره)
- ♦ مواد: آب/یخ، پارافین و نمک های یوتکنیک
- ♦ ذخیره سازی: در لوله ها، کپسول های پلاستیکی و صفحه های تخت فشرده
- ♦ بکارگیری: پودری، گرانولی و تخته ای
- ♦ معمولا برای منابع گرمایی دما پایین و فاصله های دمایی محدود

ذخیره حرارتی شیمیایی

- ➢ در فضاهای محدود و نیاز به دانسیته بالا
- ➢ بر اساس یک واکنش برگشت پذیر $C + heat \Leftrightarrow A + B$
- ➢ ماده C ماده حرارت شیمیایی، یک جامد یا مایع
- ➢ مواد A و B واکنش دهنده ها
- ➢ ماده A : هیدروکسید، هیدرات، کربنات، آمونیات
- ➢ ماده B : آب، مونواکسید کربن، آمونیاک، هیدروژن
- ➢ محدودیتی در فاز مواد تشکیل دهنده وجود ندارد.

مواد قابل بکارگیری

ماده C	ماده A	ماده B	دانسیته انرژی GJ/m3	دمای واکنش (°C)
کربنات آهن	اکسید آهن	دی اکسید کربن	۲/۶	۱۸۰
کربنات کلسیم	اکسید کلسیم	دی اکسید کربن	۳/۳	۸۳۷

- ✦ فاکتورهای مهم: دانسیته انرژی و دمای واکنش
- ✦ فاکتورهای دیگر مانند: قیمت و قابلیت دسترسی، رفتار سیکلی، سمی بودن یا خورندگی، سرعت واکنش

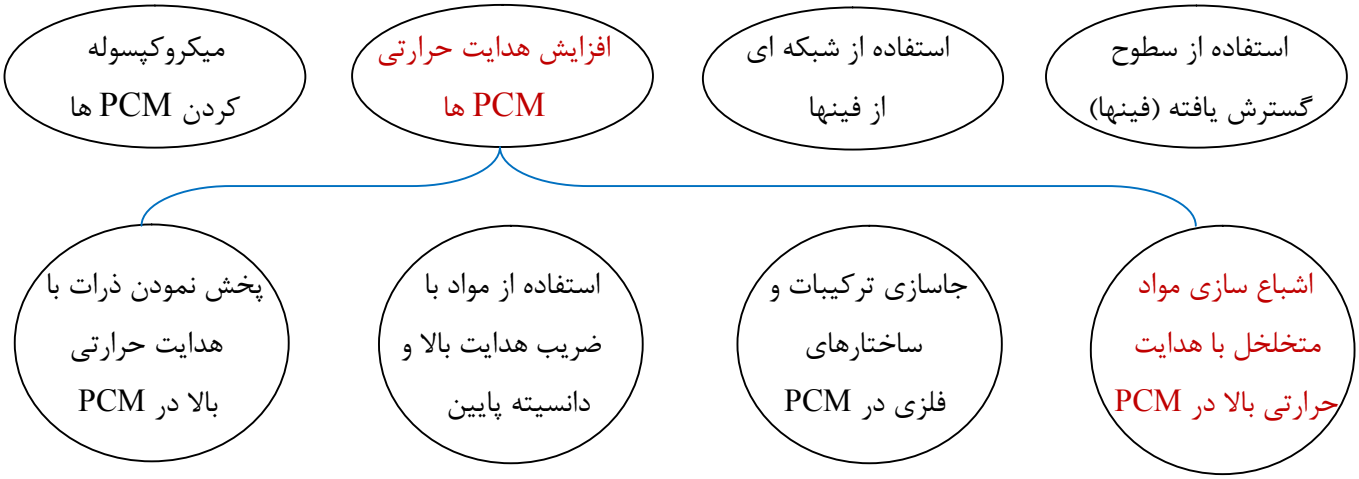
مزایای ذخیره حرارت شیمیایی

- ذخیره واکنش دهنده ها بدون اتلاف حرارتی
- عدم نیاز به عایق کاری (کاهش هزینه)
- امکان ذخیره در طولانی مدت (ذخیره سازی فصلی)
- بالا بودن دانسیته حرارتی بالاتر نسبت به واسطه های ذخیره آشکار و نهان
- روش ذخیره سازی فشرده تر
- روش کارآمدتر در کاربری هایی با فضای محدود

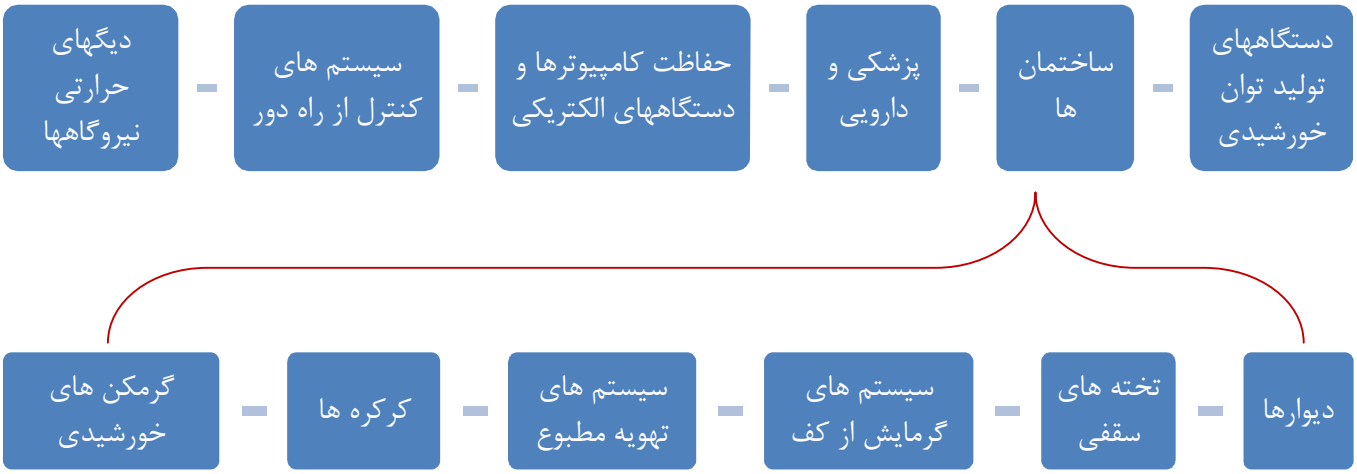
مواد تغییر فاز دهنده (PCM)

- گروه های خاصی از مواد که گرمای نهان بالا، دمای تغییر فاز مناسب و تغییر حجم اندک حین تغییر فاز دارند؛ مواد تغییر فاز دهنده (PCM) نامیده می شوند.
- توان کاربردی مواد تغییر فاز دهنده
  - کنترل حرارتی
  - ذخیره سازی انرژی حرارتی
- تفاوت های اصلی در این دو زمینه کاربردی مربوط به ضریب هدایت حرارتی ماده تغییر فاز دهنده است.

تکنیک های افزایش کارایی سیستم ذخیره سازی انرژی حاوی PCM



نمونه ای از کاربرد PCM ها

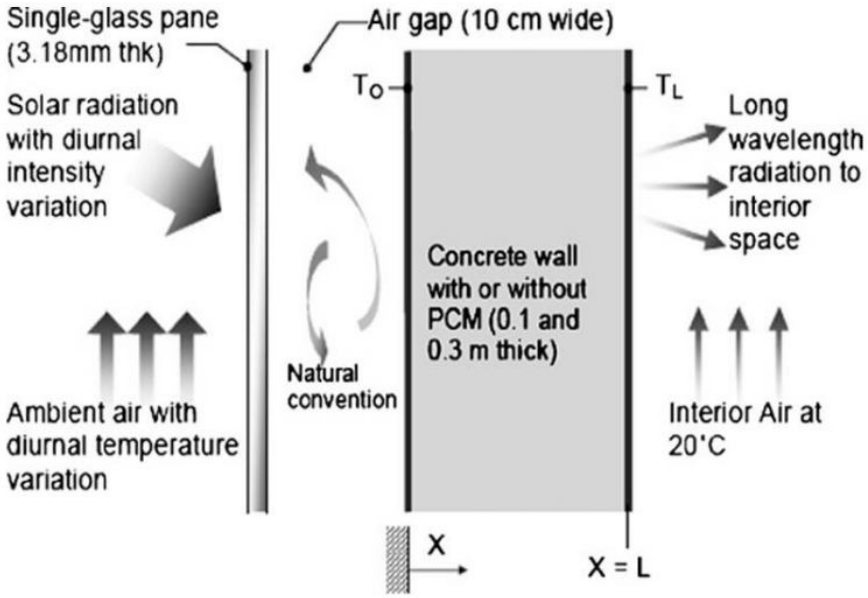


کاربردهای مواد تغییر فاز دهنده در ساختمان

- PCM در دیوارهای ساختمان
- PCM در سایر اجزای ساختمان بجز دیوارها
- PCM در دستگاههای ذخیره سازی گرما و سرما

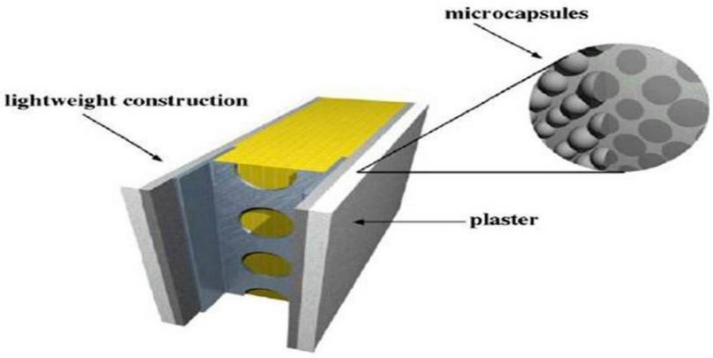
دیوار PCM رو به خورشید

مواد تغییر فاز دهنده برای جایگزینی در مصالح ساختمانی در یک دیوار رو به خورشید که شامل فضای خالی برای هوا و عایق شفافی مانند شیشه می باشد مورد استفاده قرار گرفته اند. تحقیقات تئوری و تجربی زیادی برای بررسی قابلیت اطمینان PCM به عنوان یک Trombe wall صورت گرفته است. برای ذخیره سازی یک مقدار مشخص گرما، واحدهای تغییر فاز دهنده نیاز به فضای کمتری نسبت به دیوارهای آبی و Trombe walls جرمی دارند. همچنین نسبت به این دیوارها بسیار سبک تر هستند. لذا بکارگیری PCM Trombe wall در کاربردهای بازسازی ساختمان بسیار معمول است. در این دیوارها بطور معمول از نمک های هیدرات و هیدروکربنها استفاده می شود. افزودنی های فلزی نیز برای افزایش هدایت گرمایی کلی و کارایی بکار می روند.



تخته گچ PCM

تخته گچ ها ارزان هستند و بطور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند، لذا کپسولی نمودن PCM بسیار مناسب هستند. گرچه اصول ذخیره سازی گرمای نهان می تواند در مورد هر ماده ساختمانی مناسب بکار گرفته شود. فرآیند اضافه کردن PCM به تخته گچ می تواند به صورت پر کردن خلل و فرج تخته گچ با PCM مایع و یا اضافه کردن PCM به تخته گچ خیس در هنگام تولید آن صورت گیرد.



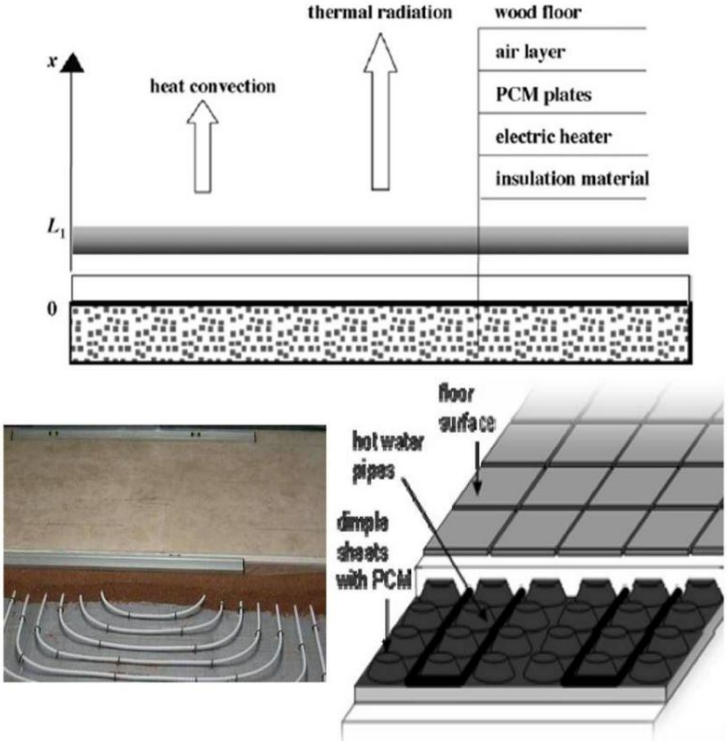
طرحی از یک دیوار سبک با میکروکپسولهای در داخل گچ داخل :

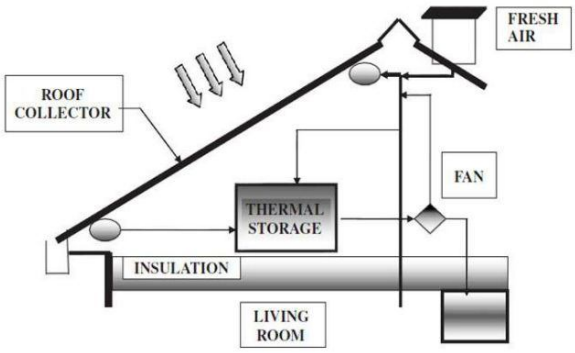
کرکره PCM

در این مفهوم، کرکره PCM بر روی محوطه پنجره قرار می گیرد. در طول روز به طرف خارج باز می شوند و سطح خارجی در معرض تابش خورشید قرار می گیرد، گرما جذب می شود و PCM ذوب می شود. در هنگام شب، کرکره بسته می شود و حرارت از PCM به داخل اتاق می تابد.

سیستم های گرمایش کف الکتریکی با استفاده از PCM

سیستم های گرمایش از کف، از سطح انتقال حرارت زیاد به عنوان یک مزیت بهره مند هستند. علاوه بر این ضریب انتقال حرارت این سیستم ها به علت بهره گیری از جابجایی آزاد معمولاً بالاست این مسئله باعث بازده انرژی زیاد در این سیستم ها می شود. گرمایش تابشی مزایای زیادی نسبت به سیستم های معمول گرمایش دارد. از آنجا که این سیستم ها در اجزای ساختمان بکار می روند، موجب صرفه جویی در فضا می گردند. علاوه بر آن ماده گرم کننده که در داخل سیستم گرمایش کف بکار رود، می تواند برای ذخیره سازی انرژی گرمایی در خارج از ساعات پیک مصرف بکار رود. بنابراین بارهای پیک کاهش یافته و به ساعات شبانه که هزینه برق پایینتر است، شیفت پیدا کند. از نقطه نظرکاربردی، مواد چگالتر مانند بتون موجب نوسانات بزرگتری در دمای داخل می شوند.





سیستم های گرمایش آبی

در برخی از سیستم های گرمایشی از آب به عنوان واسط انتقال حرارت استفاده می شود. در این سیستم های گرمایشی که از واحدهای گرمایشی معمولی استفاده می کنند، دمای ورودی معمولاً در حدود ۶۰ در جه سلسیوس و دمای بازگشت حدود ۴۰ درجه سلسیوس است. این مساله تا حدودی وابسته به منابع انرژی گرمایی مورد استفاده مانند انرژی خورشیدی، انرژی حاصل از سوختن سوخت های فسیلی است. همچنین دراین سیستم ها معمولاً از آب گرم برای ذخیره سازی انرژی گرمایی استفاده می شود.

نمونه ای از مبدل های حرارتی ساخت شرکت الفرد اشنایدر با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده

سیستم های ذخیره حرارتی

سیستم های CTES اصولاً به سه دسته اصلی سیستم های ذخیره آب سرد (CWS)، سیستم های حرارتی یخ (ITS) و سیستم های نمک مذاب (TES) تقسیم بندی می شوند. در بین آنها، سیستم های CWS و ITS رایج ترین تکنیک هایی هستند که در جهان به کار می روند.

محاسبه حجم ذخیره

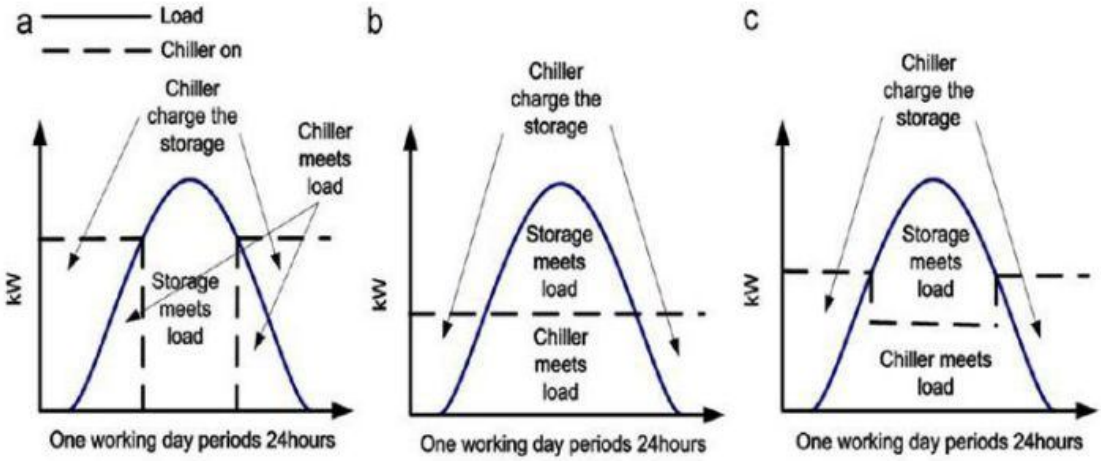
$$\frac{Q_{ice}}{Q_{water}} = \frac{V_{ice}\rho_{ice}(c_p\Delta T + h_{fg})}{V_{water}\rho_{water}c_p\Delta T} = \frac{V_{ice} \times 970(4.19 \times 15 + 334)}{V_{water} \times 1000(4.19 \times 15)} \Leftrightarrow V_{water} = 6.1 \times V_{ice}$$

استراتژی سیستم های ذخیره انرژی

- جزئی
- کلی

استراتژی ذخیره سازی جزئی به انواع اولویت سردکن یا اولویت ذخیره سازی دسته بندی می شود. در ذخیره سازی کامل، کل بار خنک سازی به ساعات غیراوج جا به جا می شود و سردکن در بار کامل در طی ساعات غیر اوج راه اندازی می شود و این تانک ذخیره سازی را شارژ می کند. بر خلاف استراتژی ذخیره سازی جزئی، خنک سازی مکانیکی، بخشی از باری را که در آن باقی بار از تانک های ذخیره کننده تهیه می شود، فراهم می نماید. بنابراین در استراتژی جزئی، سایز خنک سازهای مکانیکی معمولاً کوچکتر

از سیستم های غیر ذخیره ساز است. این استراتژی مورد توجه بسیاری از طراحان است زیرا هزینه کل می تواند برابر یا حتی کمتر از سیستم غیر ذخیره باشد. هر وقت که بار اوج در مدت زمان کوتاهی رخ دهد یا هم پوشانی کمی بین ساعات اوج انرژی و بارهای اوج وجود داشته باشد، ذخیره سازی جزئی مطلوب می باشد. استراتژی ذخیره سازی جزئی را می توان بر اساس استراتژی های راه اندازی منتخب نیز دسته بندی کرد. مثلاً تراز کردن بار یا عملکرد محدود سازی تقاضا یا می توان آن را به صورت اولویت ذخیره سازی و اولویت سرد کن نیز دسته بندی کرد.



نوع ساختمان	محل	سیستم TES سرمایشی	نتایج اصلی
اداری	تگزاس	یخ روی کویل	استفاده از استراتژی ذخیره سازی بار جزئی به اندازه کوچکتر سردکن و تانک ذخیره سازی کوچکتر انجامید.
کلینیک دندانپزشکی	تگزاس	جمع آوری کننده یخ	مصرف توان الکتریکی به ساعت غیر اوج جابجا شد. سیستم حدود ۲۹٪ انرژی الکتریکی بیشتری را در مقایسه با سیستم تهویه مطبوع سنتی مصرف کرد.
انبار دپارتمان	لندن	یخ روی کویل (ذوب خارجی)	سیستم ITS شارژهای مداوم را بسیار کاهش داد.
اداری	تایلند	یخ روی کویل (ذوب داخلی)	استراتژی ذخیره سازی کامل توانست هزینه مصرف برق را ۵۵٪ در ماه کاهش دهد. کل مصرف انرژی ۵٪ کاهش یافت.
کلینیک	کویت	ITS	در میان استراتژی های مختلف "بار کامل" می تواند مصرف برق را بسیار کاهش دهد.
مسجد مکه	عربستان	ITS	استراتژی ذخیره سازی بار کامل در ترکیب با نرخ زمانی خوب، هزینه برق را بسیار کاهش داد.
ساختمان دبیرستان	فورت کالینز	ترکیب ITS با سیستم کنترل دیجیتال مستقیم	هزینه انرژی حدود 100000$ بین سالهای 2004 و 2005 کاهش یافت.

معمولاً سیستم های CTES، مصرف برق را از اوقات اوج مصرف به شب ها که دما کمتر است، جا به جا می کنند. بنابراین آنها می توانند در استفاده بهینه تر از انرژی به جامعه کمک کنند و نقش مهمی را در کاهش آلودگی محیط زیست داشته باشند. در یک مقیاس بزرگتر، چون سیستم CTES مصرف انرژی را کاهش می دهد، استفاده از سوخت های فسیلی و در نتیجه انتشار NOx و SO2 و CO2 و CFC نیز کاهش می یابد. در یک مقیاس کوچکتر، به کار گیری CTES در ساختمان ها می تواند به کاهش مقدار انتشار های احتراقی سوختی ناشی از تجهیزات HVAC بیانجامد و انتشار CFCs و HCFCs مضر را کاهش دهد. به علاوه هرچه سرد کننده های کوچکتر یا کمتر باشند، CFCs و HCFCs کمتری نیز لازم هستند.

تاسیسات سرمایشی

ساختمانها

مروری بر واحدهای انرژی و توان

انرژی: J, KJ, Kcal, BTU

KJ=1000 Joule
Kcal=4 BTU
Kcal=4.19 KJ

توان حرارتی: W, KW, Kcal/h, BTU/h, RT

W=3.41 BTU/h
Kcal/h=4 BTU/h
RT=12000 BTU/h

توان الکتریکی: W, KW, MW, HP

HP=746 W
KW=1000 W
MW=1000 KW

معرفی تجهیزات سرمایشی و گرمایشی متداول

- ✓ سیستم های سرمایشی
  1. سیستم تبخیری (کولر آبی و ایرواشر)
  2. سیستم های انبساط مستقیم (DX = Direct Expension)
  3. سیستم های آب چیلر (Chilled water)
- ✓ سیستم های گرمایشی
  1. رادیاتور و کنوکتور
  2. یونیت هیتر
  3. فن کویل
  4. پمپ حرارتی (Heat pump)
  5. کوره های گرم (Air Furnace) – اکونوپک
  6. هواساز با کویلهای آب گرم، بخارهیتر یا برقی
  7. کویل های گرمایی بکار رفته در پکیج های تهویه مطبوع مانند زنت و ...

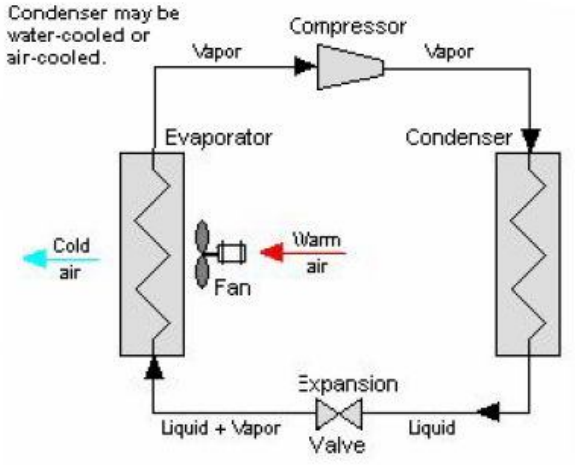
سیستم های سرمایشی

۱- سیستم های تبخیری (کولر آبی و ایرواشر)

طرز کار ایرواشر مانند کولر آبی می باشد با این تفاوت که ایرواشر با اسپری کردن آب به درون هوا باعث خنک شدن هوا می شود.

نیازها: هوای تازه، کانال کشی، آب شهری

۲- سیستم های انبساط مستقیم (DX = Direct Expension)



این سیستم ها از اجزای اصلی زیر تشکیل شده اند:

۱. اواپراتور یا کویل (DX)

۲. کمپرسور

۳. کندانسور

۴. شیر انبساط یا لوله موئین

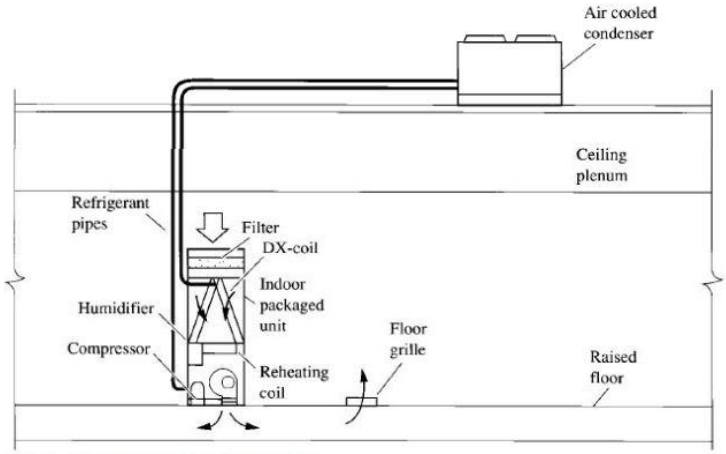
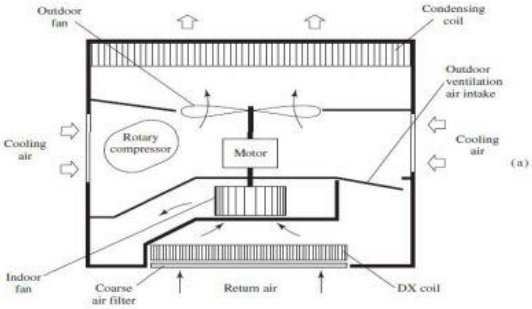


FIGURE 16.5 A typical indoor packaged unit.

- **کولر گازی پنجره ای**



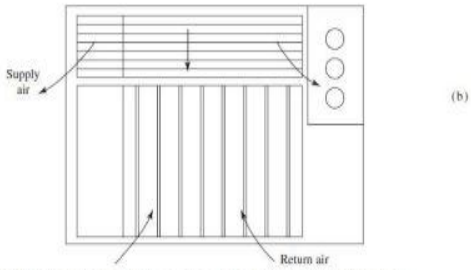
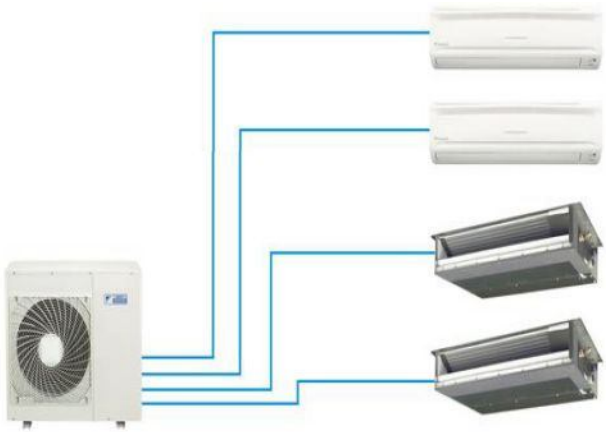
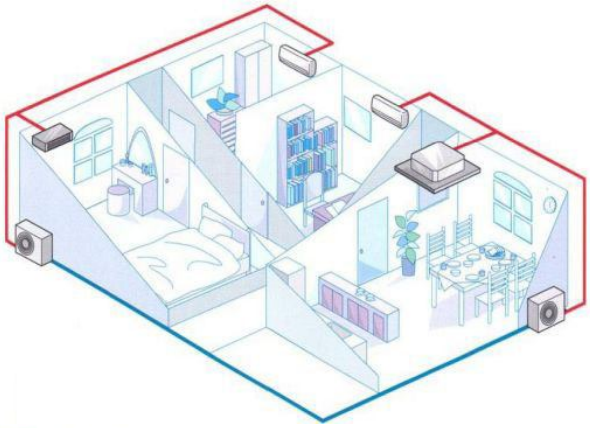


FIGURE 26.1 A window-mounted room air conditioner: (a) Sectional view; (b) front view.

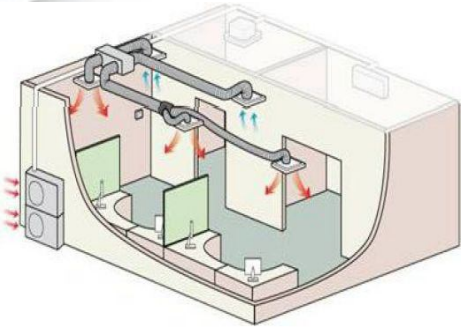
- **کولر گازی اسپیلیت**

- **کولر گازی مالتی اسپیلیت**





- **کولر گازی اسپیلیت کانالی (Duct Split)**



- **دستگاه اسپیلیت عمودی (Vertical Split)**

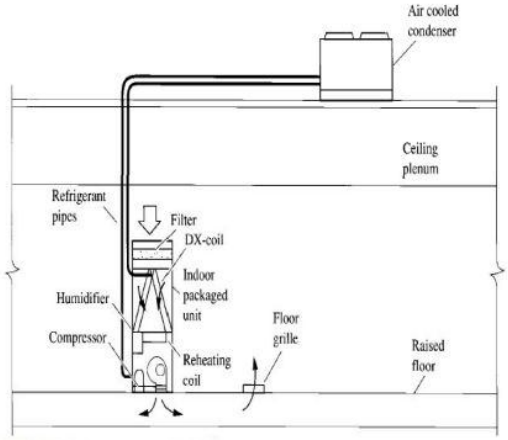
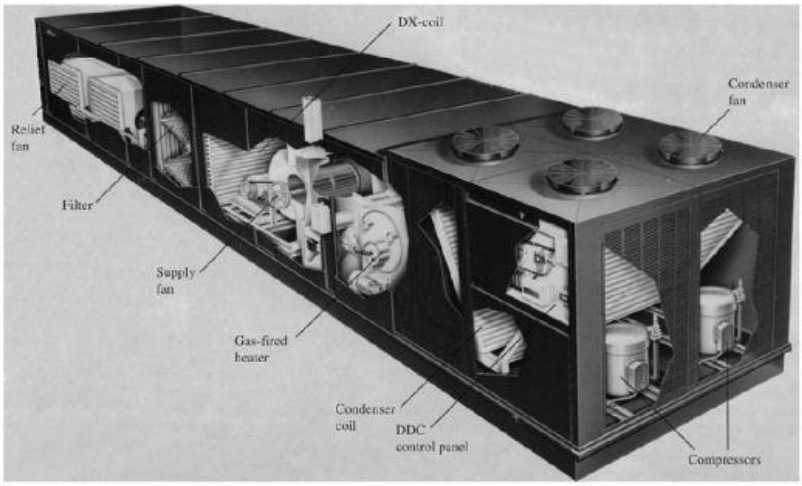


FIGURE 16.5 A typical indoor packaged unit.

- **پکیج پشت بامی (RoofTop Package)**



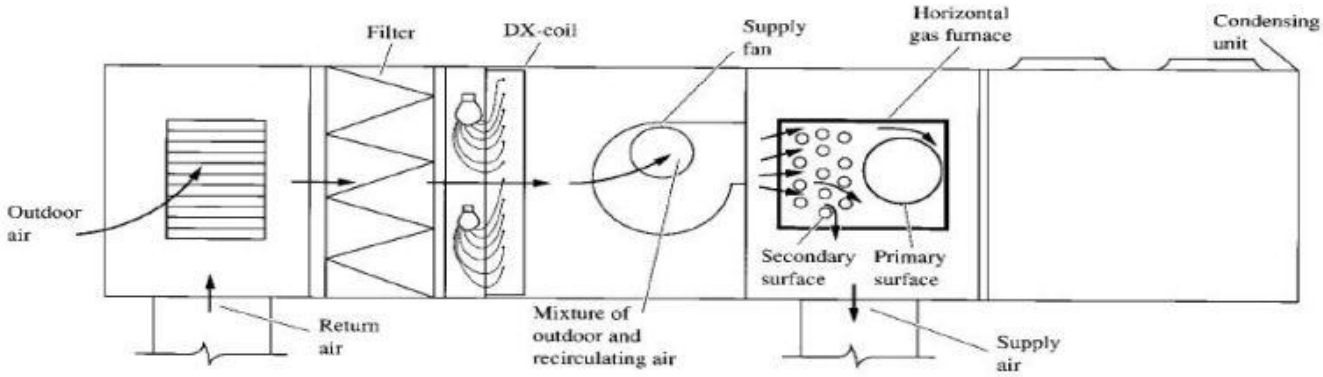


FIGURE 8.2 Horizontal gas-fired furnace in a rooftop packaged

۳– سیستم های آب چیلر (Chilled Water)

فن کویل

انواع فن کویل عبارتند از :

- زمینی
- سقفی روکار
- سقفی توکار
- کاستی
- دیواری

هواساز (Air Handling)

در این سیستم ها که از نوع تمام هوا می باشند از یک یا چند دستگاه هواساز تک منطقه ای یا چند منطقه ای استفاده می گردد. در این سیستم ها نه تنها هوای تازه مورد نیاز فضاها از طریق این دستگاهها تامین می شود بلکه تامین سرمایش و گرمایش فضاها نیز توسط این هواساز انجام می گردد. هواسازها ممکن است که دارای محفظه اختلاط، فیلترهای هوا، کویل های پیش گرمایش و پیش سرمایش، کویلهای گرمایش و سرمایش اصلی، رطوبت زن و فن (دمنده) با سیستم های کنترل باشد.

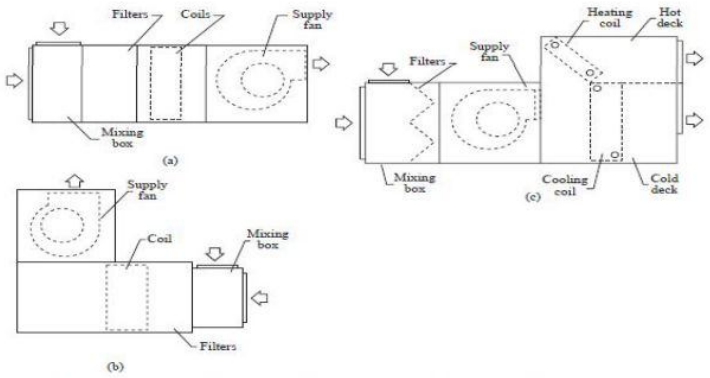
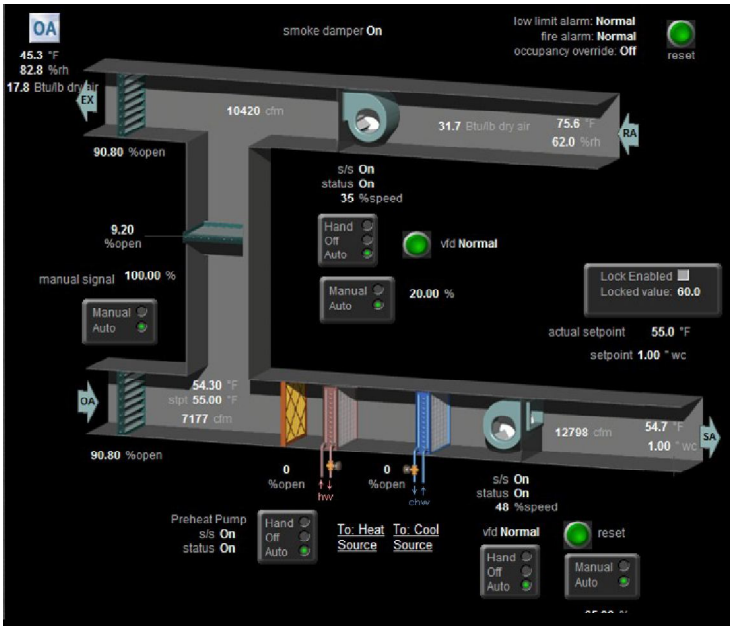


FIGURE 9.7.1 Type of air handling units: (a) horizontal draw-through unit, (b) vertical draw-through unit, and (c) multizone blow-through unit.



سیستم های سرمایشی تبخیری و گرمایشی

۱ - اکونوپک (Econo Pack)

قسمت سرمایش این دستگاه از یک ایرواشر تشکیل شده است و قسمت گرمایش آن متشکل از یک کوره احتراق مستقیم مـی باشـد که در هوادهی های مختلف (۲۶۰ cfm تا ۴۰۰۰۰ cfm) و ظرفیت های حرارتی مختلف با استفاده از گاز طبیعی، گازوئیل و یـا هـر دو در دسترس می باشد.

۲- زنت (Zent)

دستگاهی است دو منظوره که علاوه بر ایجاد سرمایش و گرمایش، میزان رطوبت هوا را نیز تنظیم کرده و مطابق با شرایط آب و هوایی ایران طراحی گردیده است. سرمایش این دستگاه کولر آبی و گرمایش آن کوره هوای گرم است.

چیلر

چیلر دستگاهی است که آب خنک با دمای ۷ درجه سانتی گراد را برای سرمایش فضاها تامین می کند. دمای آب ورودی چیلر ۱۲ درجه سانتیگراد می باشد.

انواع چیلر:

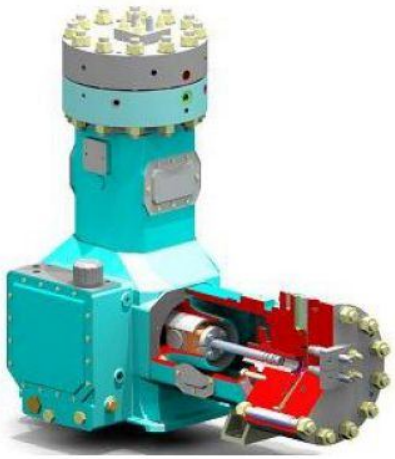
- چیلر تراکمی (کمپرسوری)
  - هوا خنک (هوایی)
  - آب خنک (آبی) با برج خنک کن
- چیلر جذبی
  - آب خنک (آبی) با برج خنک کن

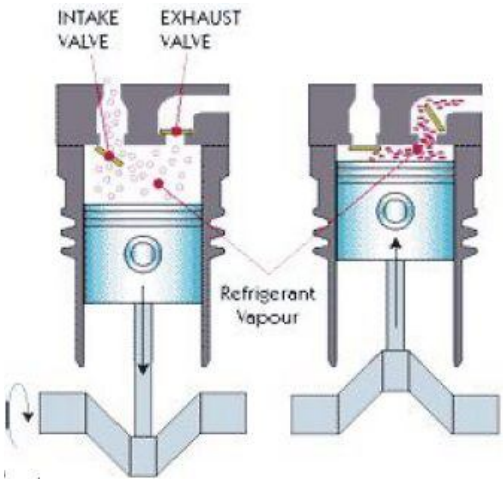
انواع چیلر از لحاظ قدرت:

- آپارتمانی (مینی چیلر)
- موتورخانه ای

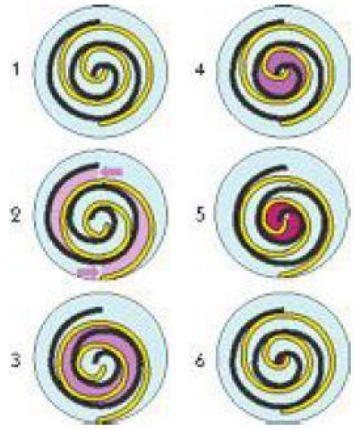
۱– چیلر تراکمی

- **کمپرسور سیلندر پیستونی**

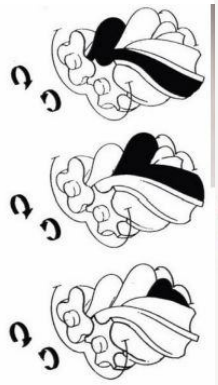




- **کمپرسور اسکرال**



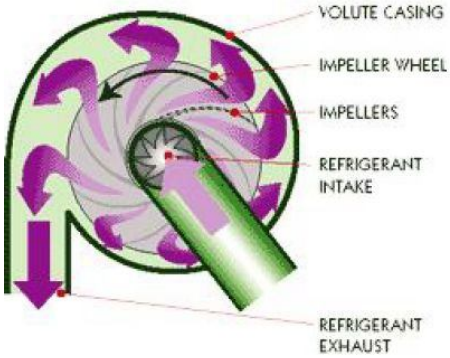
- **کمپرسور اسکرو**



The Compressing Action of a Screw Compressor

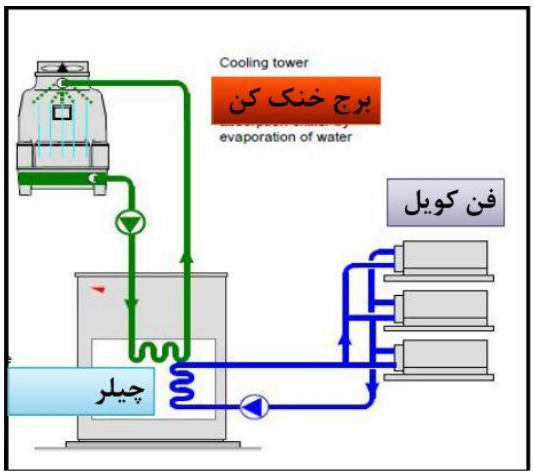
- **کمپرسور سانتریفیوژ**

Impellor of centrifugal compressor



هوایی

آبی



۲- چیلر جذبی

انواع چیلر جذبی عبارتند از:

- آمونیاکی (مینی چیلر)
- لیتیوم برماید

ویژگیها

شرایط استاندارد (۳۳°c/۳۲-۳۹ ۷°c/۱۵-)

نوع مدل HAU-CGN			150VBI	180VBI	240VBI
ظرفیت برودتی		USRT	150	180	240
		KW	527	633	844
مدار آب سرد شده	دما	°C	ورودی : 15°C ، خروجی : 7°C		
	دبی	m³/h	56.7	68.0	90.7
	افت فشار	kPa(mAq)	72(7.3)	58(5.9)	71(7.2)
	اندازه نامی لوله های اتصالی	mm	80	100	100
	تعداد مسیرها	–	Even	Even	Odd
مدار آب خنک کننده	دما	°C	ورودی : 32°C ، خروجی : 39.4°C		
	دبی	m³/h	112.5	135.0	180.0
	افت فشار	kPa(mAq)	85(8.7)	76(7.8)	92(9.4)
	اندازه نامی لوله های اتصالی	mm	100	125	125
	تعداد مسیرها	–	Even	Even	Odd
توان الکتریکی	تغذیه 3 50HZ 380VAC	kVA	9.5	9.9	11.9
	پمپ محلول	KW	2.2+1.1	2.2+1.1	3.7
	پمپ میرد	KW	0.2	0.4	0.4
	فن مشعل	KW	0.75	0.75	2.2
سوخت (نکته ۹)	میزان مصرف گاز	Nm³/h	48	57.5	76.7
سطح انتقال حرارت (ترانزیت دما بالا		m²	8.07	9.06	11.24
ابعاد خارجی	طول (L)	mm	3,170	3,495	4,144
	عرض (W)	mm	1,925	1,925	1,925
	ارتفاع (H)	mm	2,170	2,170	2,170
جرم دستگاه در حال کار(وزن)		t	6.5	7.6	9.1
جرم دستگاه قبل از نصب(وزن)		t	6.1	7.1	8.5
سطح عایق شده	عایق داغ	m²	14	15	18
	عایق سرد	m²	7	8	10
حجم آب داخل سیستم	آب سرد شده	ℓ	148	183	219
	آب خنک کننده	ℓ	212	270	339

حداقل اطلاعات مورد نیاز به منظور انتخاب سیستم

موارد استفاده (کاربریهای عمومی، تهویه مطبوع صنعتی یا بار زیاد و ...)

ظرفیت برودتی ..... KW or USRT

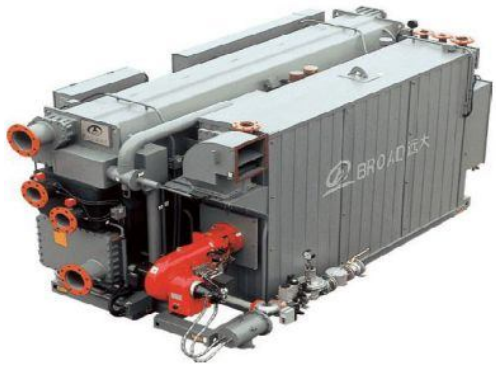
میزان ساعت کارکرد سرمایشی در هر سال ..... ( )hous/year

آب سرد شده :

دمای ورودی ..... ( )°C

دمای خروجی ..... ( )°C

دبی ..... ( )m³/h



تاسیسات گرمایشی

و

برخی موارد بهینه سازی انرژی در آن

مقدمه ای بر تبادل حرارتی بدن انسان با محیط و شرایط مطبوع

فاکتورهایی که روی تبادل حرارتی شخص و به عبارتی آسایش، تاثیر می گذارند، عبارتند از:

- دمای خشک هوای محیط
- رطوبت هوای محیط
- سرعت نسبی هوای اطراف
- دمای سطوحی که بدن شخصی بطور مستقیم در معرض آن قرار دارد، که این مسئله تبادل حرارت از نوع تشعشع را درپی دارد.

انواع کلی سیستم های تهویه مطبوع

- سیستم تمام هوا
- سیستم هوا - آب
- سیستم تمام آب
- سیستم انبساط مستقیم
- پمپ حرارتی

✍ نامگذاری سیستم های فوق در حالی که اتاق به عنوان مبنای سیستم و حجم کنترل انتخاب گردد و یا کل مجموعه تهویه موردنظر باشد متفاوت خواهد بود.

✍ معمولاً محدوده اتاق به عنوان مبنای نامگذاری سیستم و حجم کنترل انتخاب می شود.

بار حرارتی

بارحرارتی گرمایی است که ساختمان درفصل زمستان درواحد زمان (دریک ساعت) از دست میدهد. که به سه روش صورت میگیرد:

۱. انتقال از طریق هدایت از دیوارها، کف، سقف، پنجره و درب ساختمان
۲. جابجایی هوای ساختمان به علت نفوذ هوای سرد به داخل از طریق درها، پنجره ها و نیز تهویهٔ اجباری هوای داخل
۳. حرارت لازم برای رطوبت زنی هوای ورودی به ساختمان

معرفی تجهیزات سرمایشی و گرمایشی متداول

✓ سیستم های سرمایشی

۱. سیستم تبخیری (کولر آبی و ایرواشر)
۲. سیستم های انبساط مستقیم (DX = Direct Expension)
۳. سیستم های آب چیلر (Chilled water)

✓ سیستم های گرمایشی

۱. رادیاتور و کنوکتور
۲. یونیت هیتر
۳. فن کویل
۴. پمپ حرارتی (Heat pump)
۵. کوره های گرم (Air Furnace) – اکونوپک
۶. هواساز با کویلهای آب گرم، بخارهیتر یا برقی
۷. کویل های گرمایی بکار رفته در پکیج های تهویه مطبوع مانند زنت و ...

سیستم های گرمایشی

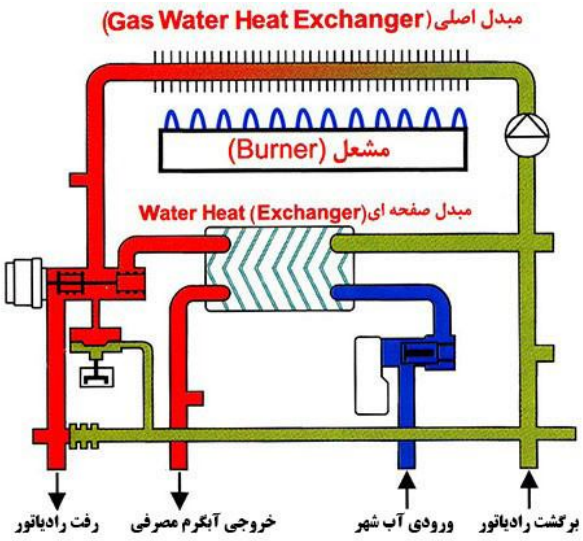
اجزای اصلی سیستم های گرمایشی عبارتند از:

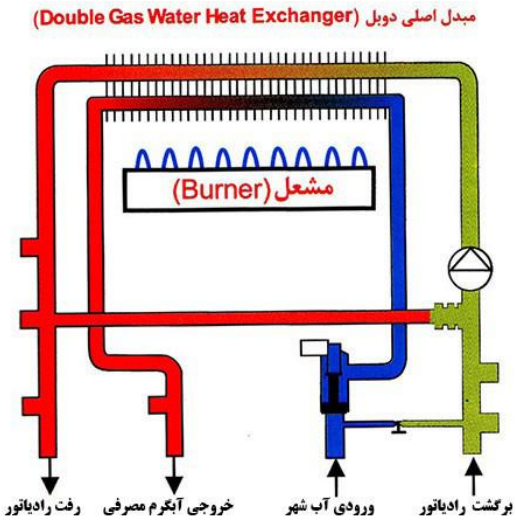
- ❖ سیستم تامین حرارت (انرژی)
- ❖ سیستم انتقال و توزیع حرارت (انرژی)
- ❖ سیستم پخش و تبادل حرارت (انرژی) با محیط (پایانه حرارتی)

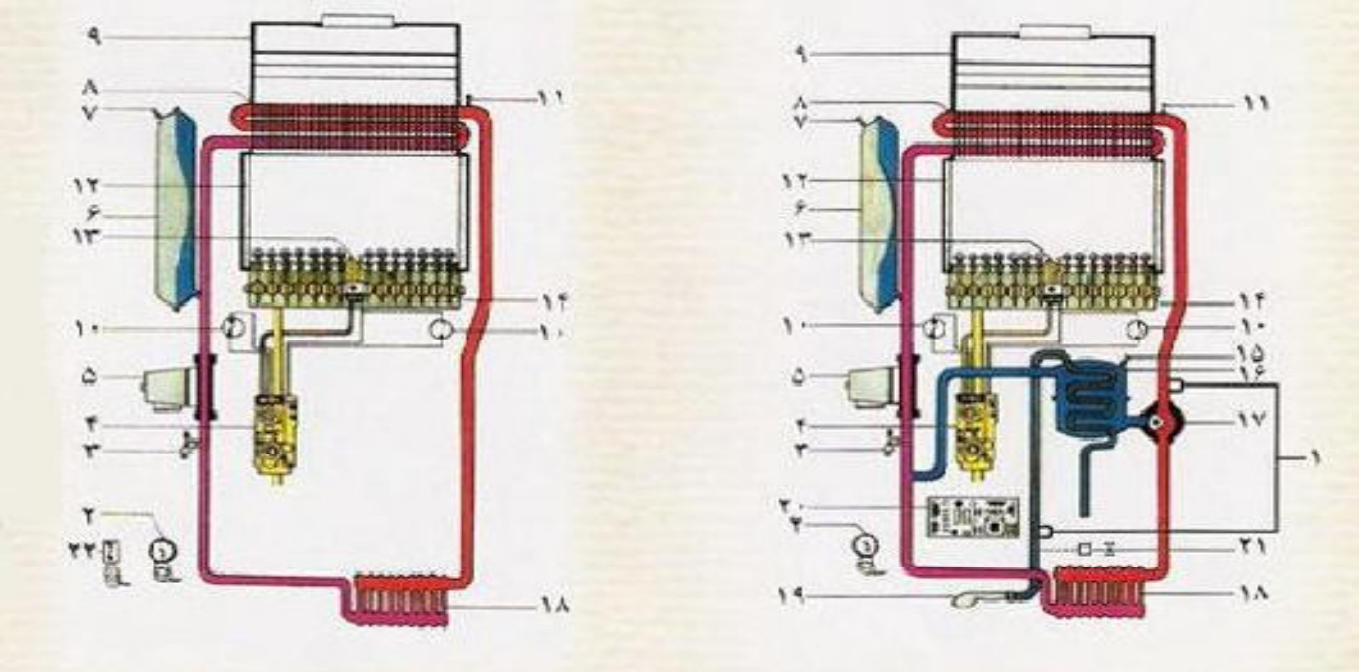
سیستم تامین حرارت (انرژی)

- ❋ در سیستم های تهویه مطبوع با آب (موتورخانه + وسیله پخش حرارت مانند رادیاتور، فن کویل و ...) و برخی سیستم های تهویه مطبوع با هوا (مانند هواساز، زنت و ...) که کویل گرمایشی بکار می رود، باید از تاسیسات حرارتی جهت تامین سیال گرم مورد نیاز جهت گرمایش فضای داخلی استفاده کرد.
- ❋ موتورخانه حرارت مرکزی با آب گرم
  - با دیگ چدنی
  - با دیگ فولادی
  - با دیگ چگالشی
- ❋ موتورخانه حرارت مرکزی با آب داغ
- ❋ موتورخانه حرارت مرکزی با بخار
- ❋ پکیج های حرارتی
  - پکیج زمینی
  - پکیج دیواری
  - پکیج با مبدل دو منظوره (گرمایش آب گرم رادیاتورها + گرمایش آبگرم مصرفی)
  - پکیج های دو مبدله (گرمایش آب گرم رادیاتورها + گرمایش آب گرم مصرفی)
  - پکیج چگالشی
  - پکیج معمولی (کوره باز) ..... تامین هوا از محل
  - پکیج نوع C (هرماتیک) ..... تامین هوای تازه از محیط خارج

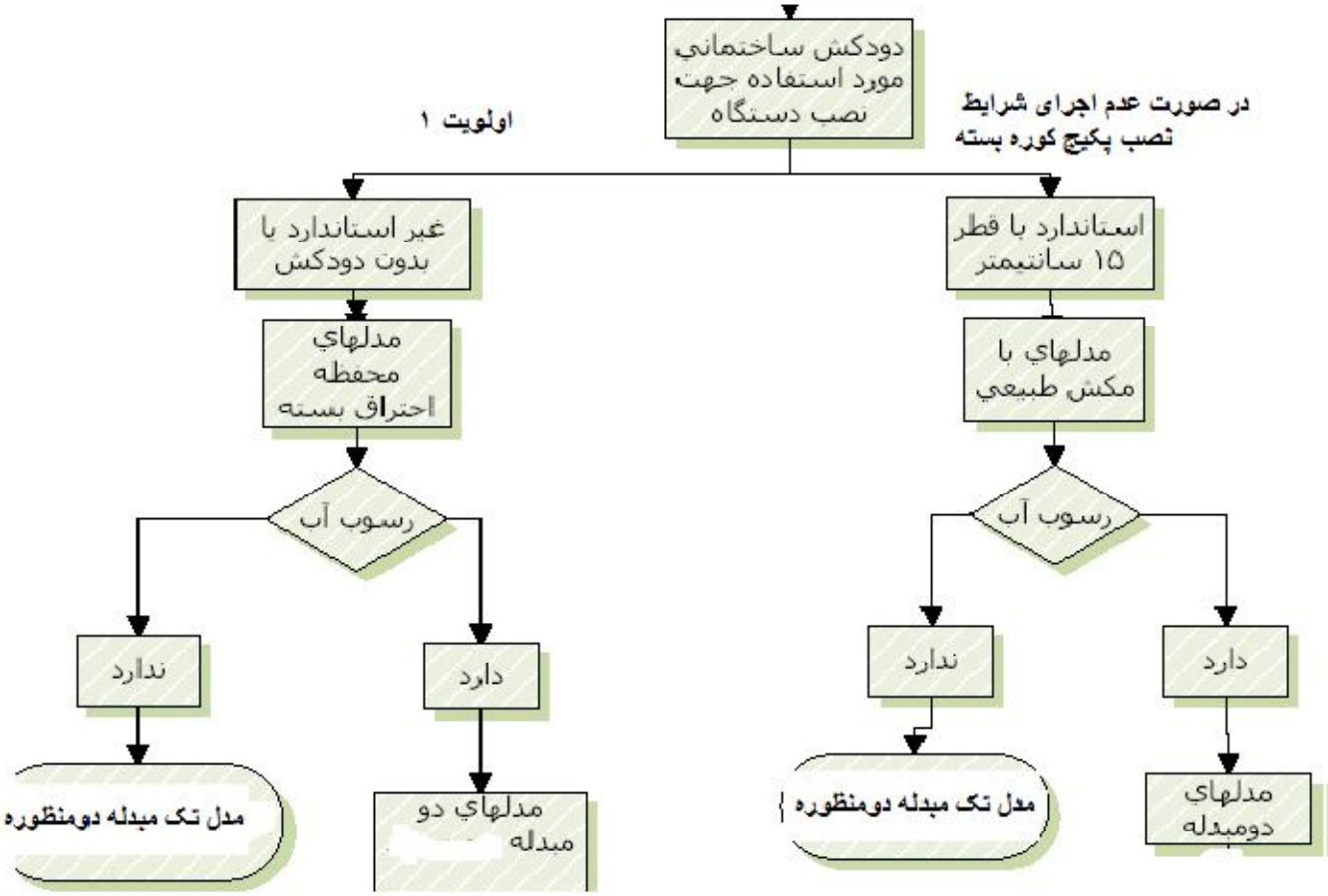
پکیج حرارتی







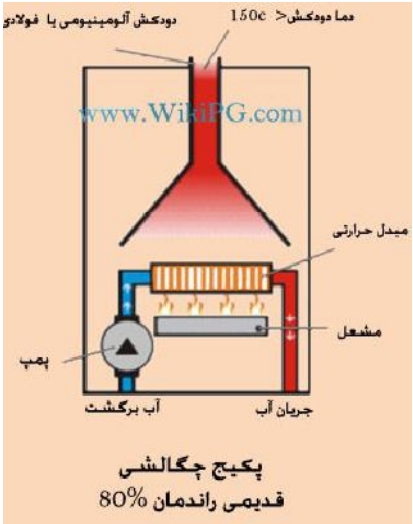
- ۱ـ سنسور مدار شوفاژ و آب گرم مصرفی
- ۲ـ ترمومتر ـ مانومتر
- ۳ـ شیر اطمینان (3 bar)
- ۴ـ شیر کنترل گاز
- ۵ـ پمپ سیرکولاسیون
- ۶ـ منبع انبساط
- ۷ـ شیر منبع انبساط
- ۸ـ مبدل حرارتی گاز به آب
- ۹ـ کلاهک محفظه احتراق
- ۱۰ـ ترموستات حد (لیمیت سوئیچ)
- ۱۱ـ هواگیر اتوماتیک (ایرونت)
- ۱۲ـ عایق حرارتی
- ۱۳ـ شمعک
- ۱۴ـ برنر
- ۱۵ـ پیچ هواگیری مبدل آب به آب
- ۱۶ـ مبدل حرارتی آب به آب
- ۱۷ـ شیر سه‌راهه
- ۱۸ – رادیاتور
- ۱۹ـ لوله خروجی آب گرم مصر
- ۲۰ـ صفحه کنترل الکترونیکی
- ۲۱ – شیر برگن برقی
- ۲۲ – سنسور مدار شوفاژ



انتخاب مدل با توجه به نیاز حرارتی فضا (تنوع ظرفیت زیاد وجود ندارد)

پکیج یا بویلر چگالشی

- پکیج چگالشی یکی از جدیدترین سیستم های گرمایشی هستند که در بازار دنیا با نام Condensing boiler عرضه می شود. این نوع از پکیج ها یا بویلر ها، با راندمان بالایی (تحت شرایطی) کار می کنند.
- در سیستم بویلر چگالشی از انرژی دود حاصل از احتراق برای پیش گرمایش آب سرد ورودی پکیج (بویلر) استفاده می شود و یا با طراحی و استفاده از جنس های ضدخوردگی، استفاده از مشعل های به خصوص خود بویلر توان تولید حرارت با راندمان ۹۸ درصد را خواهد داشت.
- از آنجایی که بخار آب تولید شده در طی سوختن در بویلر را به کندانسه تبدیل می کنند به آنها پکیج چگالشی می گویند.
- وقتی گاز می سوزد آب و کربن دی اکسید تولید می کند. در پکیج ها و بویلرهای قدیمی این گازها با دمای بالا (حدود ۱۵۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد) از دودکش خارج می شد. آب در این دما به حالت بخار است و این بخار وارد اتمسفر می شود، در این روش تقریباً تمامی حرارت تولید شده سوخت هدر می رود. بویلر چگالشی در تبادل حرارتی بسیار کارآمد است زیرا می تواند حداکثر گرمای سوخت را استخراج کند.
- در نتیجه گازهای خروجی در یک درجه حرارت پایین تر (بین ۴۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد) قرار می گیرند. در این دما، بخار آب تولید شده در فرآیند سوخت به فاز مایع می رود و انرژی بیشتری بازیافت می شود.



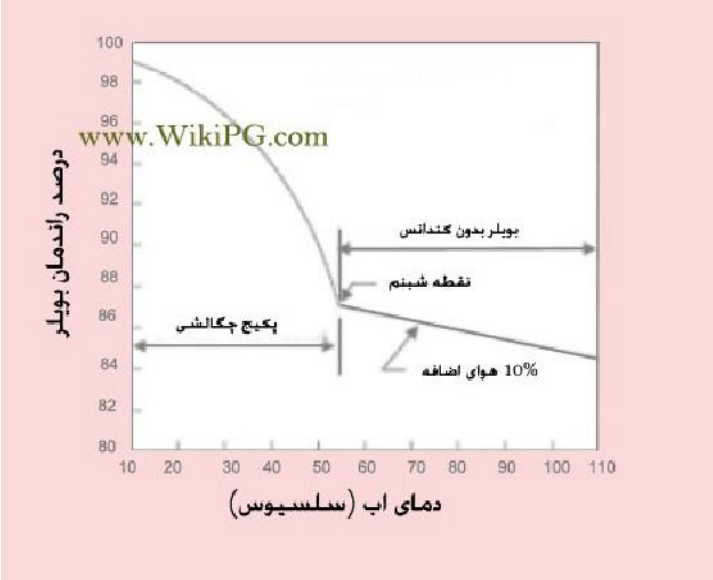
کنترل حرارت در خروجی بویلر چگالشی

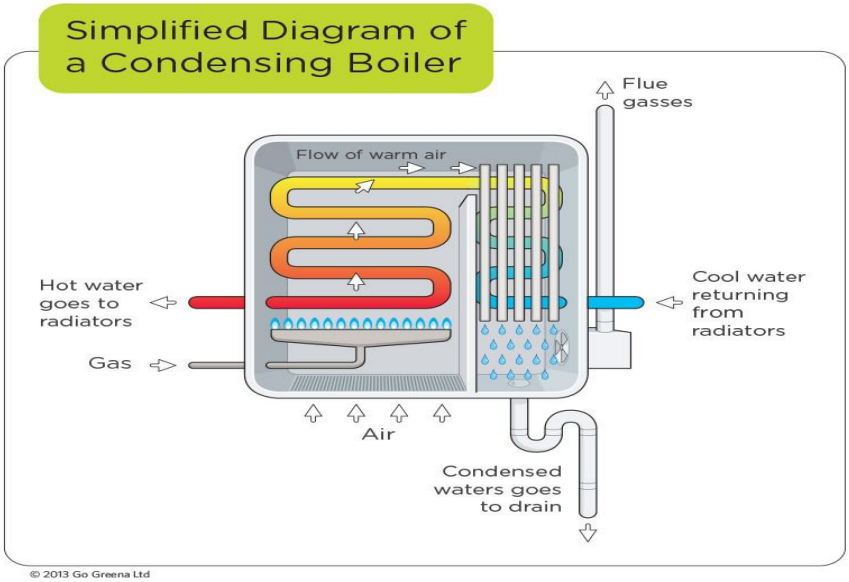
- بویلر های قدیمی تر زمانی که به حرارت نیاز داشتند روشن شده و در زمان عدم نیاز خاموش می شدند. یعنی یک چرخه ثابت سرما و گرما نداشتند.
- در حالی که سیستم های چگالشی جدید این گونه نیست. خروجی بطور خودکار (اتومات) با افزایش یا کاهش شعله گرمای خود را در خروجی کنترل می کند.

شرایط آب و هوا و راندمان پکیج چگالشی

- در اواسط زمستان دما معمولاً پایین است و ماکزیمم انرژی گرمایی برای محیط مورد نیاز است. در این زمان بویلرها یا پکیج های چگالشی باید آب را با دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه سلسیوس را به رادیاتورهای محل مصرف بفرستند.
- سیستم همیشه سیستم گرمایشی در بار ماکزیمم نمی باشد.
- در واقع در اکثر سیستم های گرمایشی کمتر از ۶۰٪ بار ماکزیمم نیاز است. پکیج های چگالشی خوب می تواند این تغییرات در آب و هوا را با تغییر دماهای مختلف آب سیرکوله در سیستم گرمایش جبران کند.

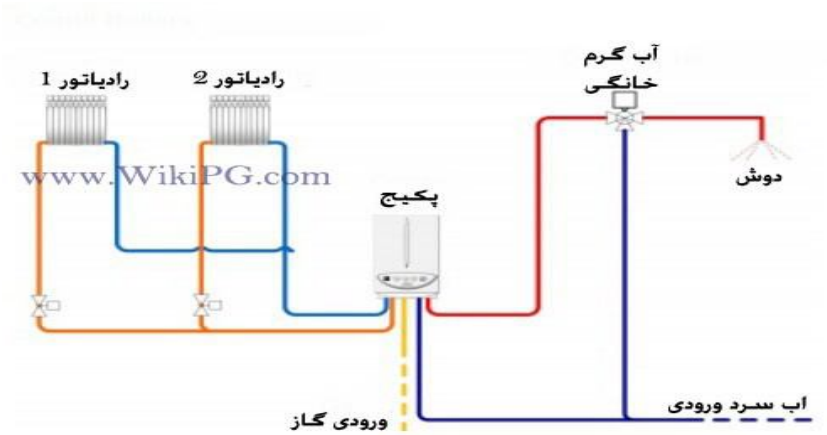
✧ برای انجام این عمل یک سنسور مخصوص دما در روی سیستم نصب می گردد. که این سنسور راندمان سیستم را بسیار بالا می برد. هرچه دمای آب سیستم پایین تر باشد راندمان بالاتر است. نمودار زیر نشان می دهد که راندمان مجموعه چگونه با دمای آب برگشتی تغییر می کند.





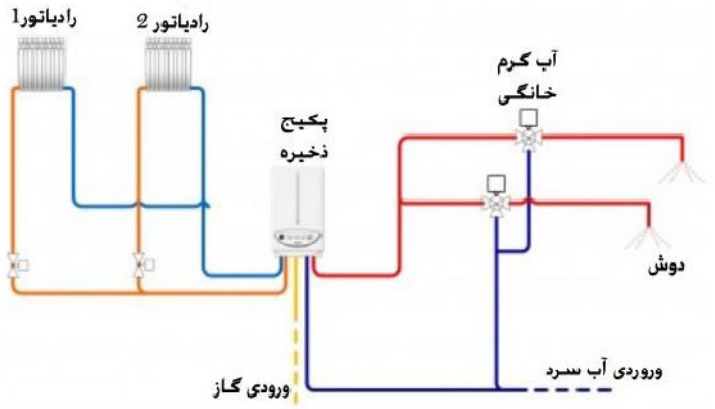
پکیج چگالشی معمولی

در این نوع از پکیج های چگالشی یک مبدل حرارتی برای تامین آب داغ خانگی وجود دارد. هنگامی که دوش حمام باز می شود آب سرد از درون مبدل عبور کرده، آب را گرم می کند. این پکیج ها قیمت پایینی دارند و مشکلشان این است که اگر چند نفر همزمان وارد حمام شوند نمی تواند آب گرم لازم را تامین کند. از این مبدل در آپارتمان ها و سوئیت های کوچک استفاده می کنند.



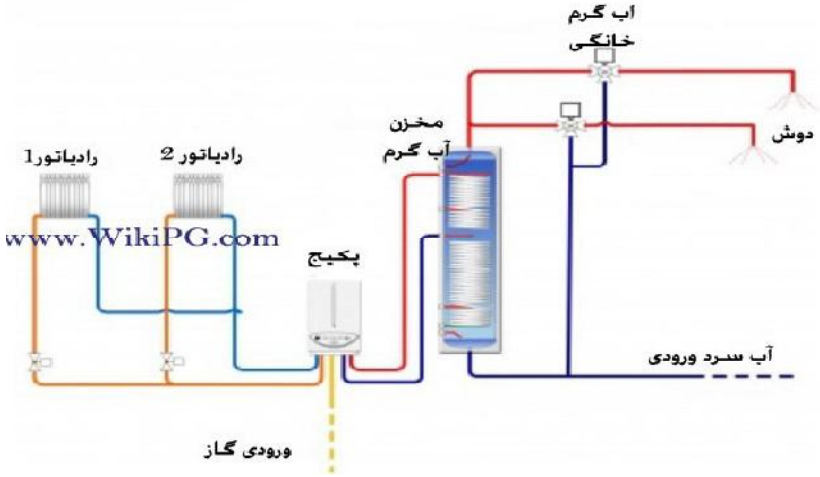
پکیج چگالشی (با مخزن درونی)

این پکیج ها یک مخزن ذخیره (۴۵ تا ۶۰ لیتر) برای تامین آب گرم خانگی دارند. هنگامی که دوش باز می شود آب از مخزن ذخیره تامین می شود. این مدل پکیج کمی گرانتر از مدل قبلی است. اما مشکل تامین آب همزمان برای چند نفر را ندارد. کویل های موجود در مخزن ذخیره آب قدرت بالایی دارند. این پکیج ها برای ساختمان تا سه اتاق خواب مناسب می باشد.



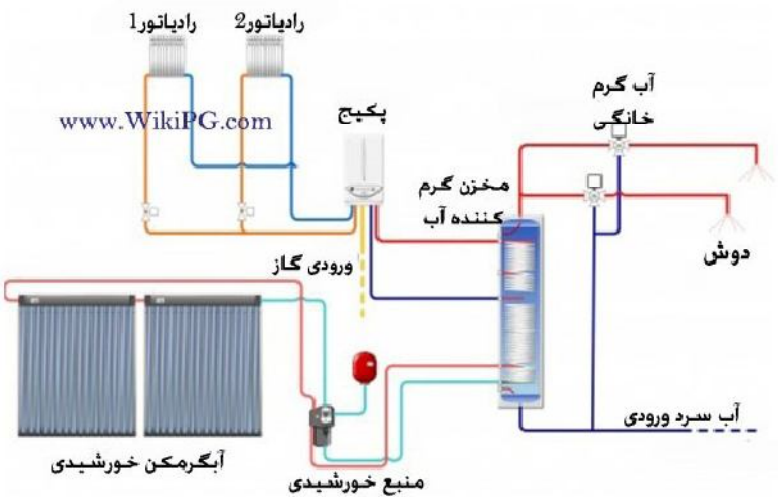
پکیج چگالشی با مخزن گرم کننده

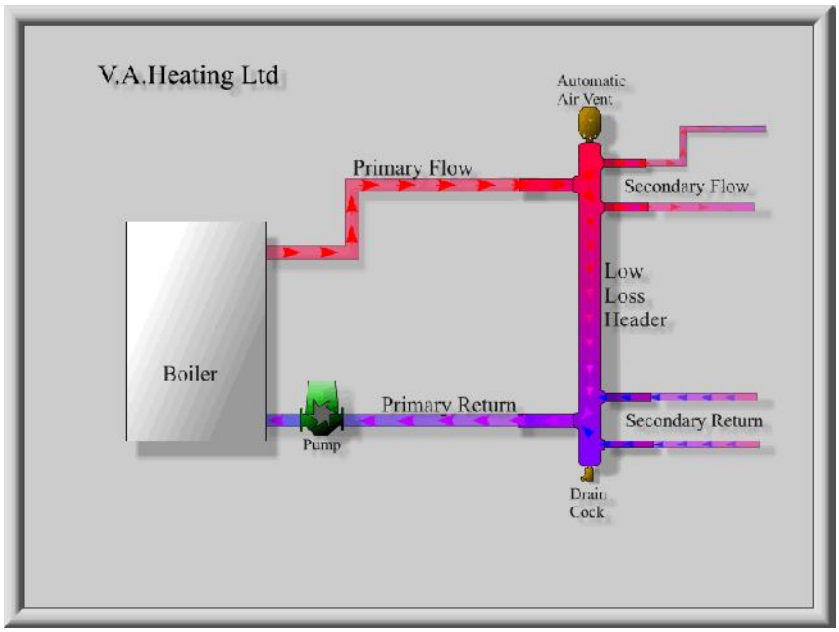
این نوع پکیج ها، مخزن ذخیره یا مبدل حرارتی ندارند. بلکه یک مخزن گرم کننده جدا برای آب دارد که به طور غیر مستقیم آب خانگی را از طریق کویلهای درون مخزن گرم می کند. این پکیج ها برای هر نوع ساختمانی کاربرد دارد.



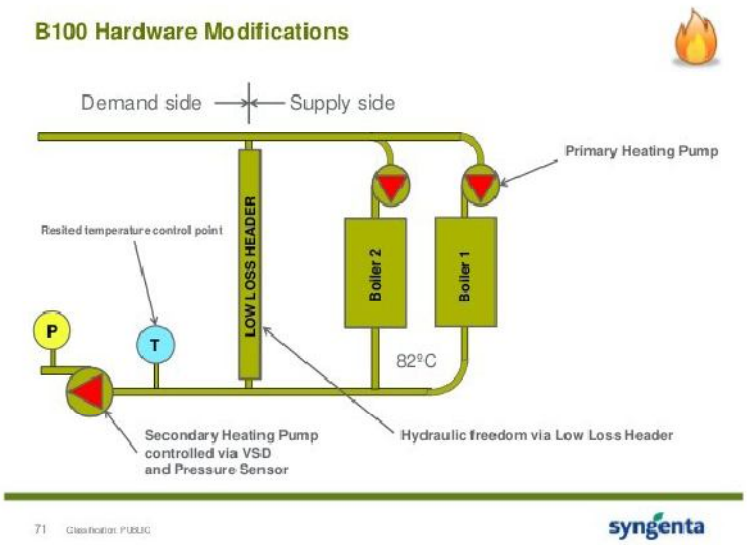
ترکیب سیستم های خورشیدی و پکیج چگالشی

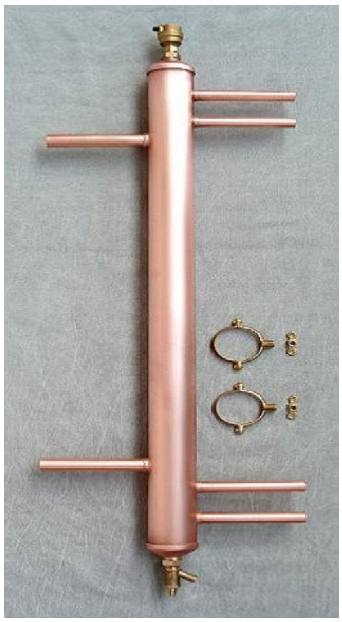
همانطور که در شکل نشان داده شده به راحتی می توان پکیج چگالشی را با نصب یک جفت کویل آبگرم که از بالا به پکیج و از پایین به سیستم خورشیدی متصل است، ترکیب کرد.

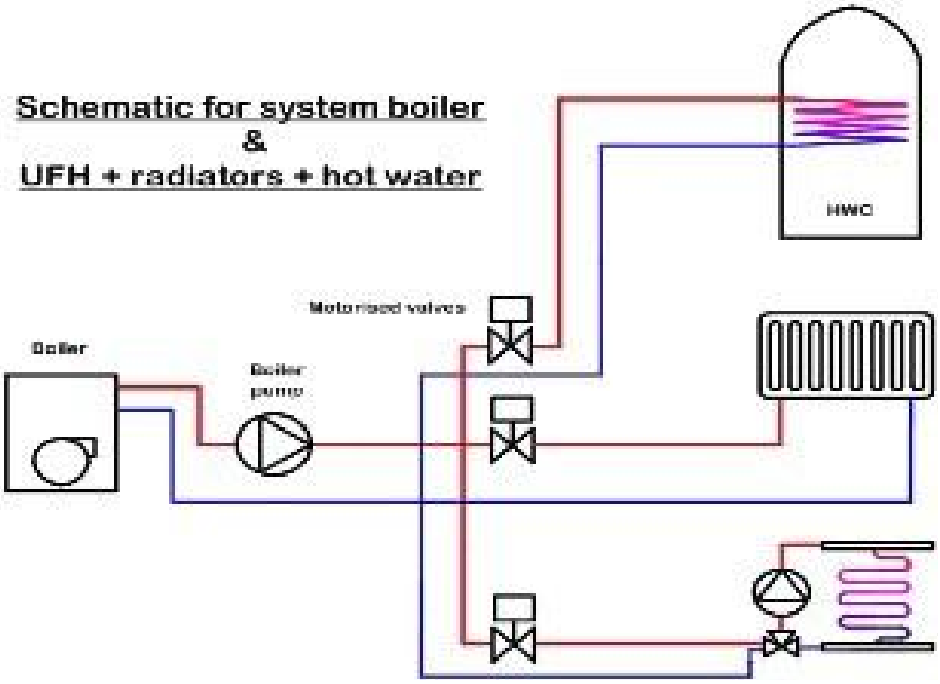


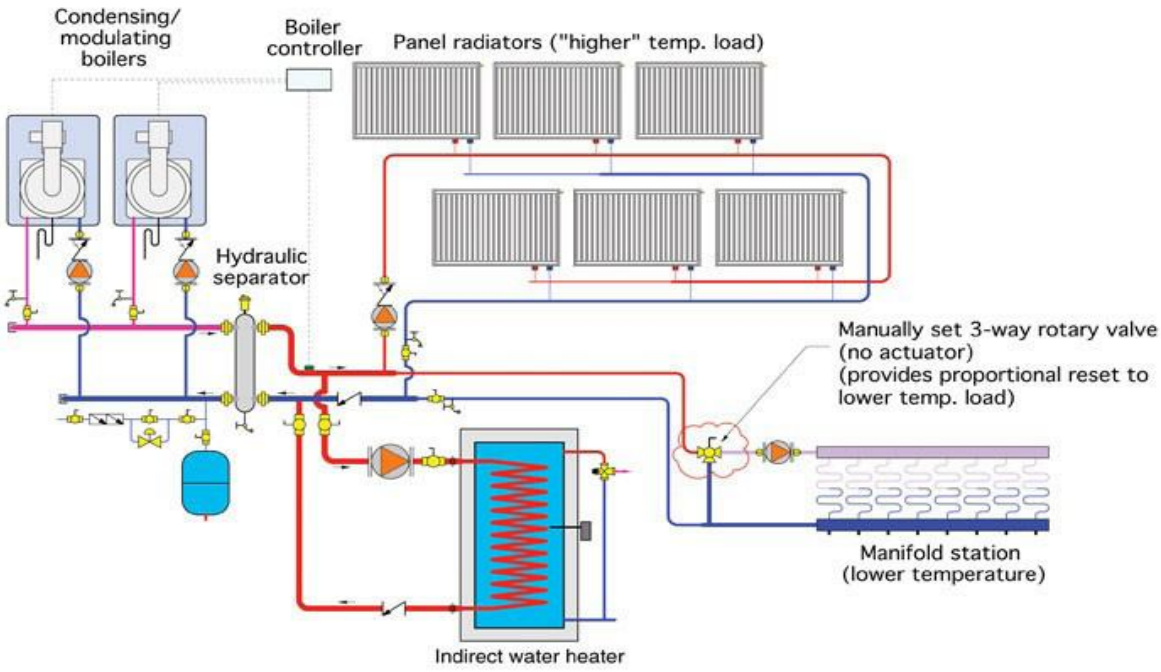


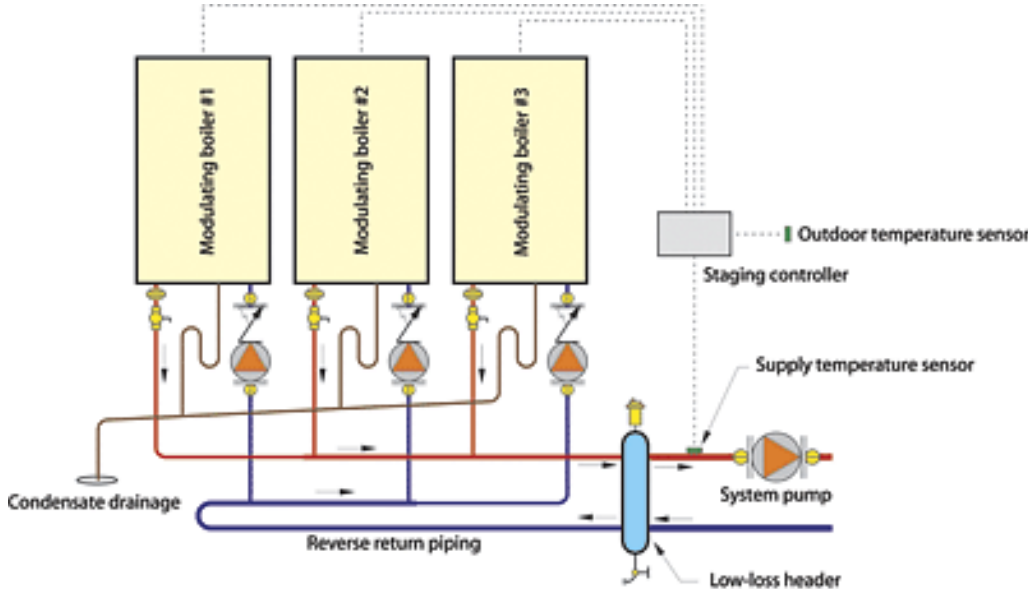
LOW loss header











ارزش حرارتی سوخت

- ارزش حرارتی سوخت می تواند به دو صورت ارائه گردد:

۱. ارزش حرارتی ناخالص که نمایانگر کل حرارتی است که در اثر احتراق سوخت آزاد میشود. (GCV:Gross Calorific Value)

۲. ارزش حرارتی خالص که برابر ارزش حرارتی ناخالص منهای گرمای تبخیر است. (NCV: Net Calorific Value)

- لذا محاسبات راندمان بویلر بر مبنای ارزش حرارتی خالص منجر به ارائه راندمان بالا می گردد.
- ارزش حرارتی بالا به مفهوم ارزش حرارتی ناخالص گاز طبیعی و ارزش حرارتی پایین به مفهوم ارزش حرارتی خالص گاز طبیعی است.
- در واقع اگر ارزش حرارتی گاز طبیعی، با این فرض محاسبه شود که در انتها فرآیند آب تشکیل شده ضمن احتراق به فرم آب باقی بماند، ارزش حرارتی ناخالص محاسبه شده است.
- اما از آنجا که در واقعیت آب تشکیل شده در فرآیند احتراق به بخار تبدیل می شود، ارزش حرارتی خالص با کسر حرارت لازم برای تبخیر آب از کل حرارت آزاد شده در فرآیند احتراق محاسبه می شود.
- لازم به ذکر است که در محاسبه راندمان تجهیزاتی مانند کوره یا محفظه احتراق، معمولاً ارزش حرارتی خالص به کار می رود.

نحوه انتقال و توزیع حرارت در سیستم های هیدرونیک

- ✦ انتقال مسیر کوتاه تر
- ✦ بالانس بودن سیستم
- ✦ نوع سیستم توزیع و پخش حرارت
  - ✓ انتخاب محل مناسب داکت تاسیساتی
  - ✓ انتخاب محل سیستم کلکتور در سیستم های کلکتوری
  - ✓ انتخاب محل انشعاب در سیستم لوله کشی سنتی (انشعابی)

AFCV AUTOMATIC FLOW CONTROL VALVE

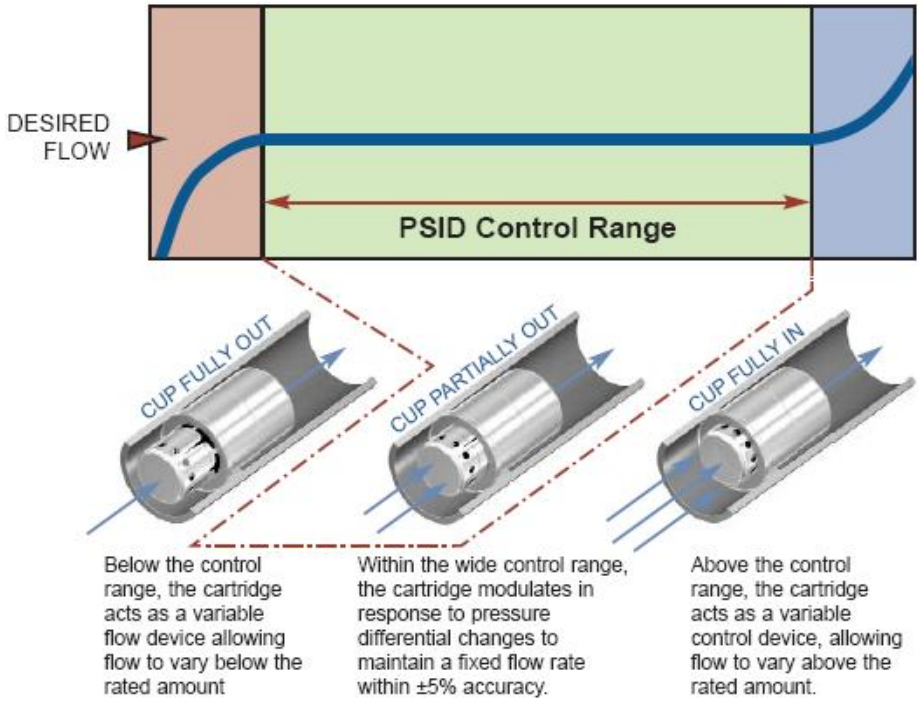
•When upstream pressures are at the low end of the AFCV's range, then the piston protrudes more into the flow of liquid, thus exposing more orifice area and generating a higher flow coefficient (Cv).Conversely, when upstream pressures are at the high end of the AFCV's range, the piston is compressed more into the housing unit, thus exposing less of the orifices and generating a lower Cvas shown in Figure 2 below.The flow equation is as follows:

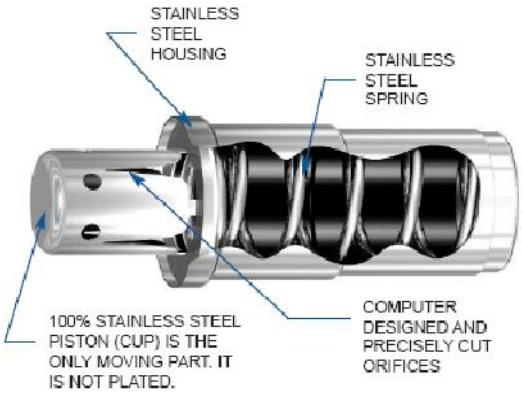
•$Q=Cv\sqrt{\Delta P}$

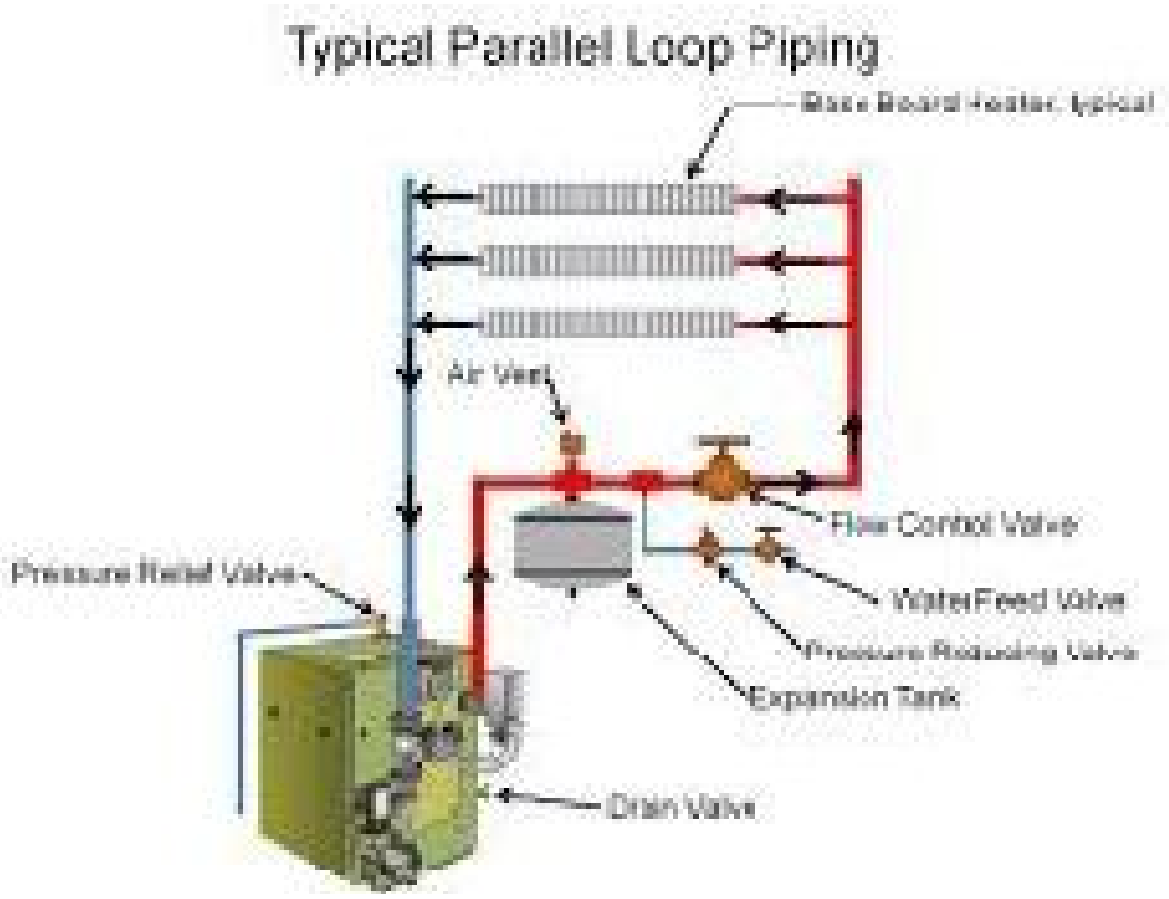
•Where: Q = Flow (gpm)

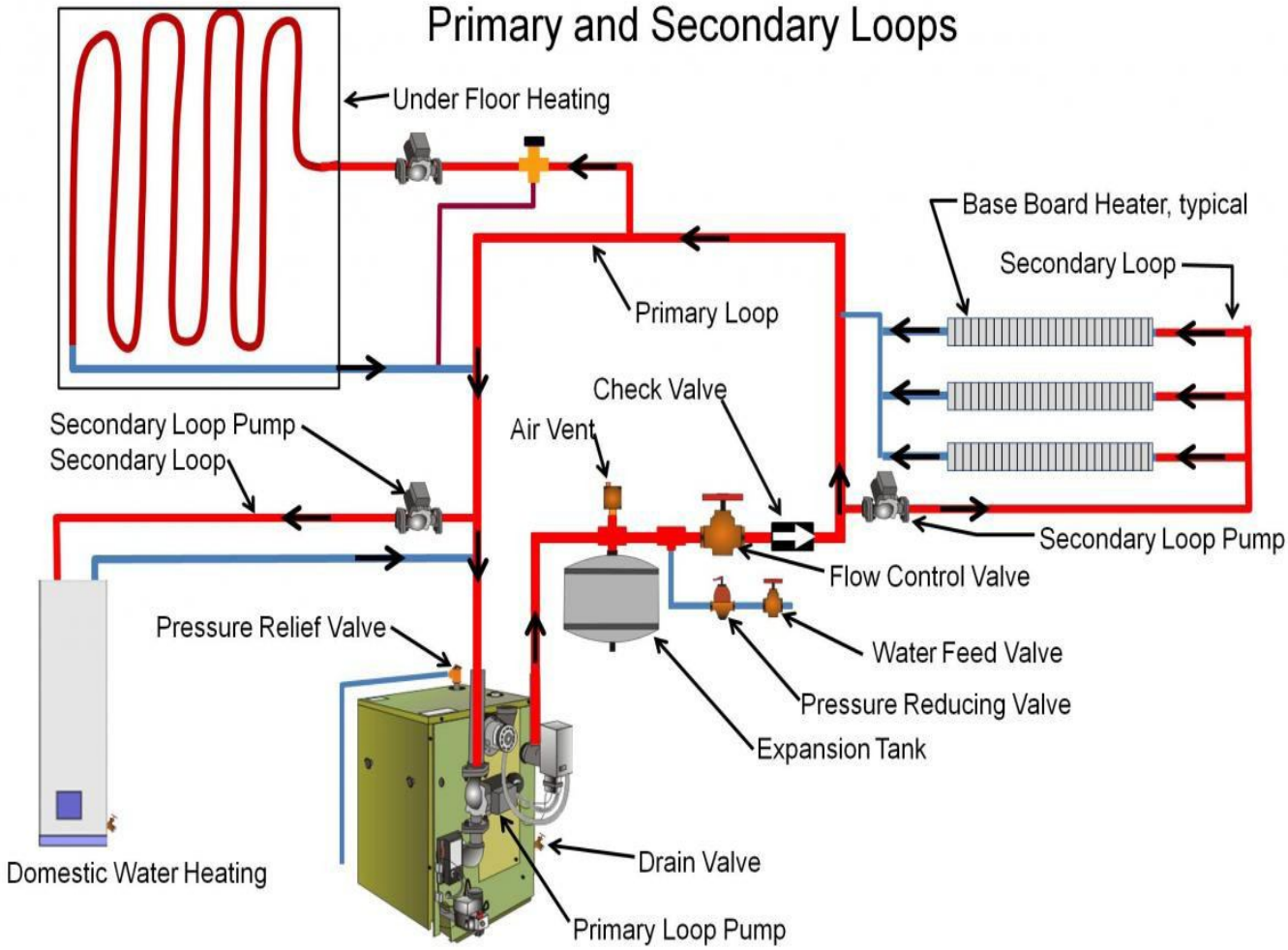
•Cv= Cartridge flow coefficient (dependent on orifice area)

•ΔP = Differential pressure (psid) across cartridge

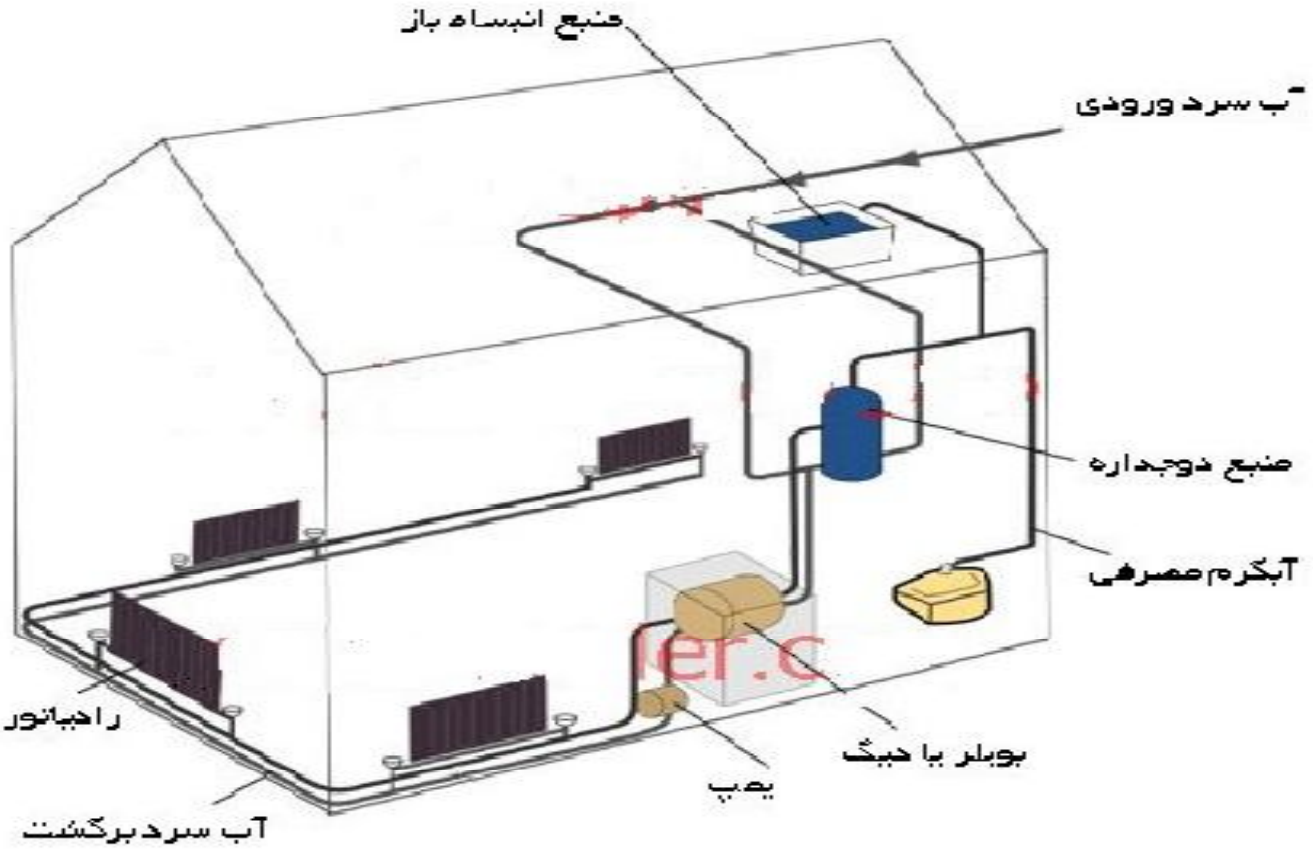


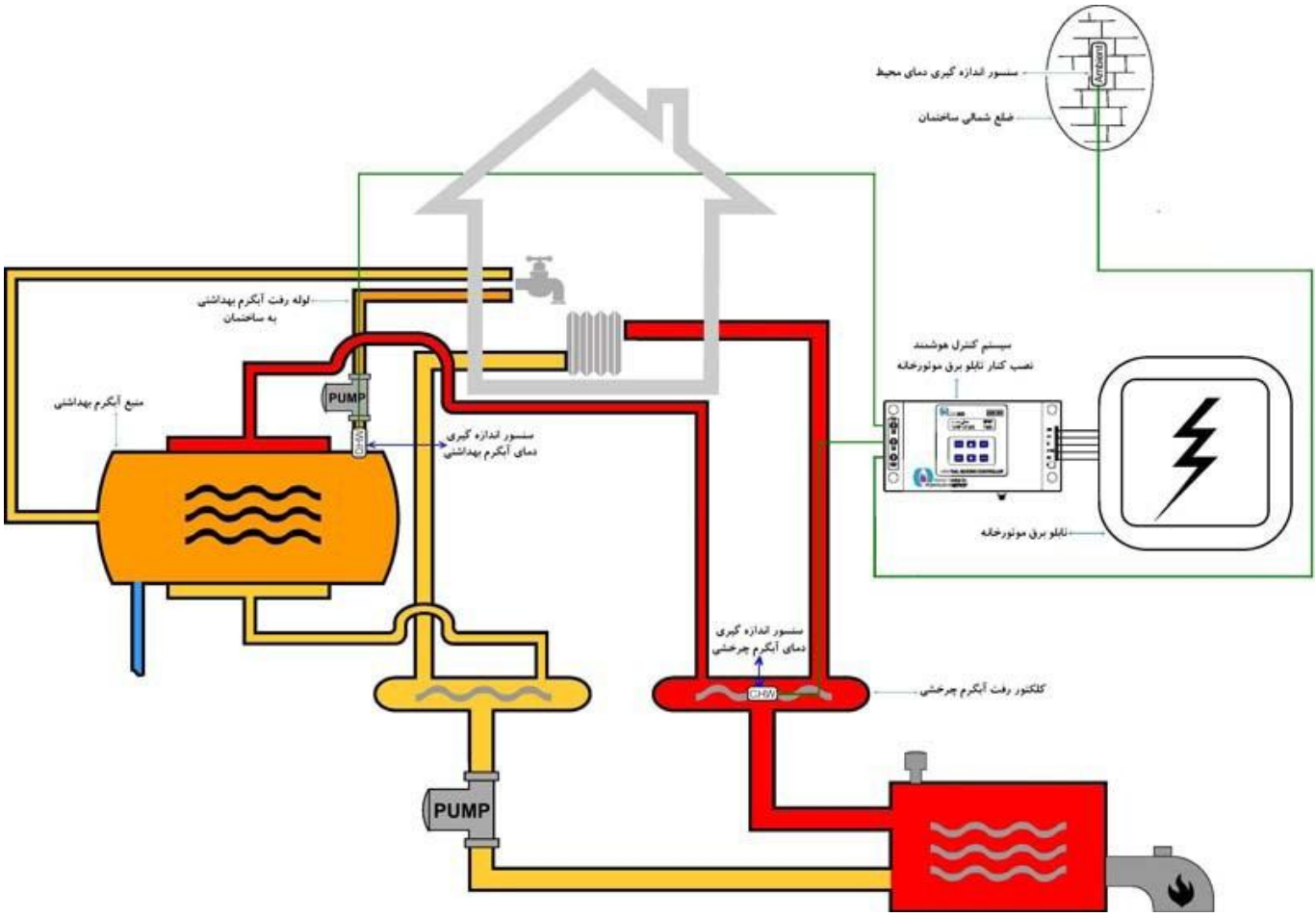


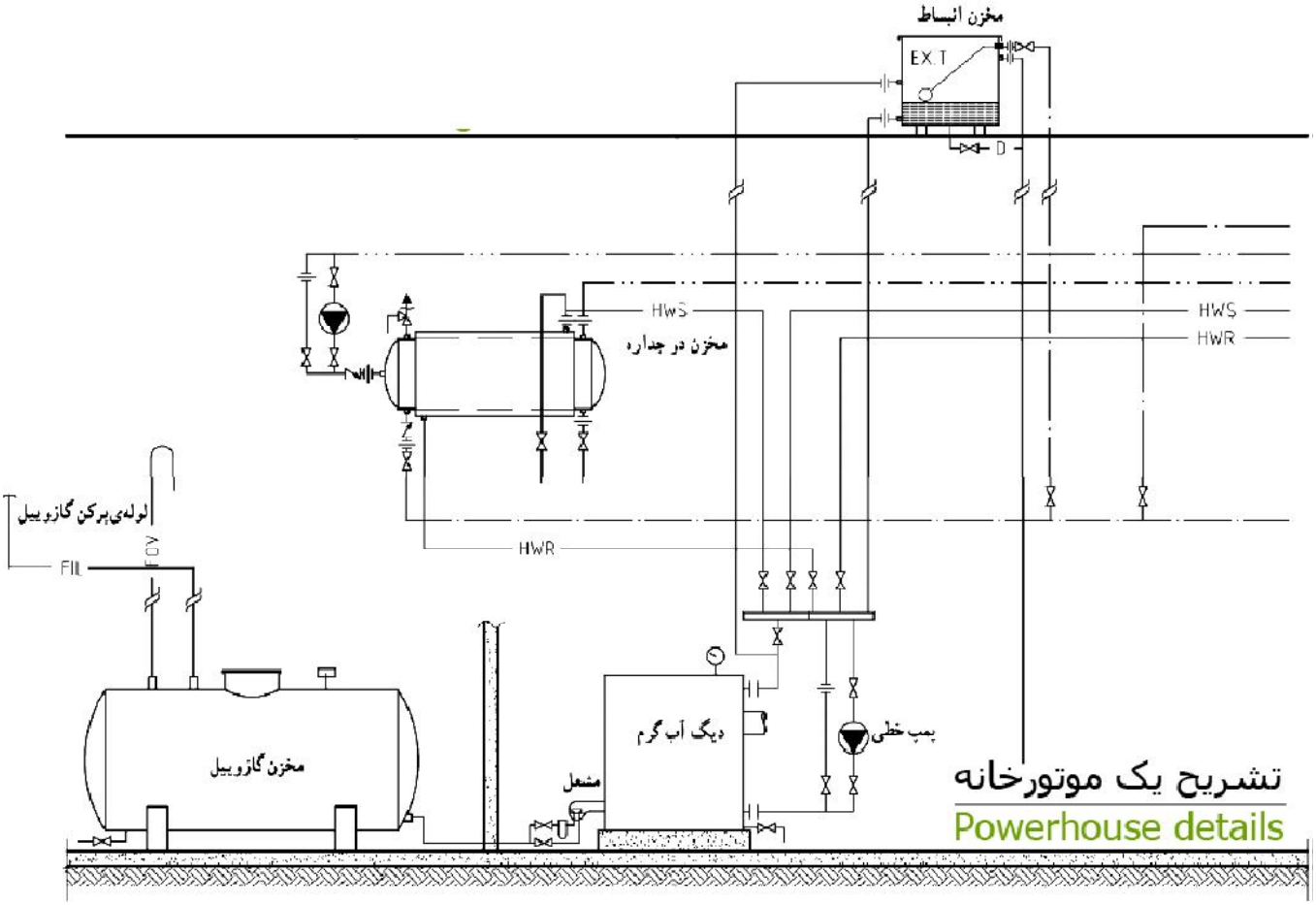

Typical Parallel Loop Piping
Base Board Heater, typical
Air Vent
Flow Control Valve
Pressure Relief Valve
WaterFeed Valve
Pressure Reducing Valve
Expansion Tank
Drain Valve

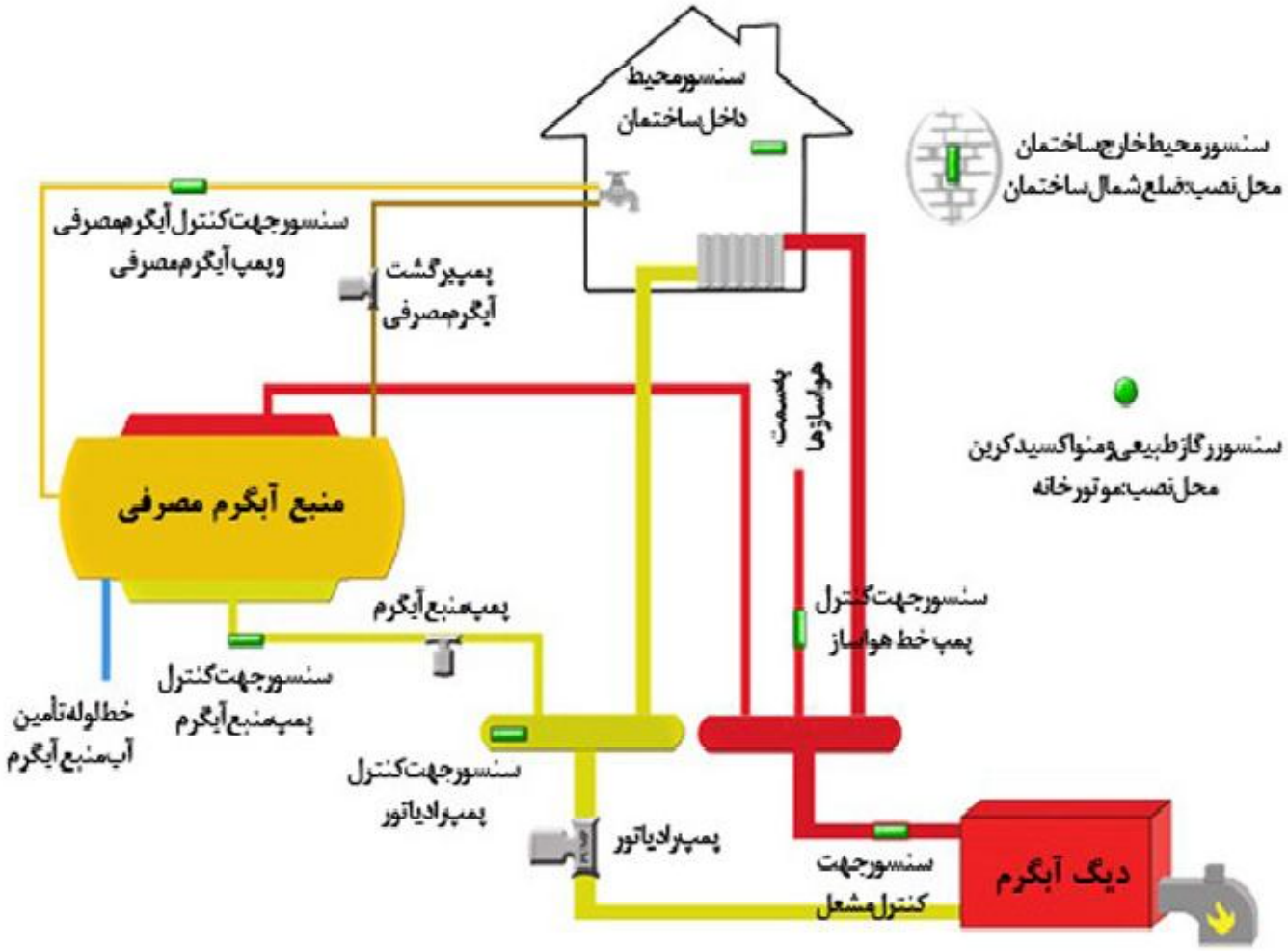

Primary and Secondary Loops
Under Floor Heating
Base Board Heater, typical
Secondary Loop
Primary Loop
Check Valve
Air Vent
Secondary Loop Pump
Secondary Loop
Secondary Loop Pump
Flow Control Valve
Pressure Relief Valve
Water Feed Valve
Pressure Reducing Valve
Expansion Tank
Domestic Water Heating
Drain Valve
Primary Loop Pump

موتورخانه حرارت مرکزی






مخزن انبساط
EX.T
D
HWS
HWR
مخزن در چداره
لوله‌ی پرکن گازوییل
FIL
مخزن گازوییل
دیگ آب گرم
پمپ خطی
مشعل
تشریح یک موتورخانه
Powerhouse details


سنسورمحیط
داخل ساختمان
سنسورمحیط خارج ساختمان
محل نصب: ضلع شمال ساختمان
سنسورجهت کنترل آبگرم مصرفی
وپمپ آبگرم مصرفی
پمپ برگشت
آبگرم مصرفی
پمپ هوا ساز
سنسور گاز طبیعی و منواکسید کربن
محل نصب: موتورخانه
منبع آبگرم مصرفی
پمپ منبع آبگرم
سنسورجهت کنترل
پمپ خط هواساز
سنسورجهت کنترل
پمپ منبع آبگرم
خط لوله تأمین
آب منبع آبگرم
سنسورجهت کنترل
پمپ رادیاتور
پمپ رادیاتور
سنسورجهت
کنترل مشعل
دیگ آبگرم

۱- محل موتورخانه و داکت های تاسیساتی و وسایل پخش حرارت

- در اجرای تاسیسات محل موتورخانه مرکزی زیر سقف و ترجیحاً در جبهه ناطلوب ساختمان (ترجیحا شمال ساختمان) باشد.
- جانمایی داکت های تاسیساتی جهت کاهش مسیر لوله کشی و کانال کشی و جلوگیری از تلفات انرژی مناسب باشد.
- از تجهیزات راندمان بالا استفاده شود.
- وسایل پخش حرارت جهت توزیع مکانی دما در ساختمان در محل های مناسب نصب گردند.

۲- نوع دیگ

- انتخاب نوع دیگ با توجه به نوع کاربری باشد و از تجهیزات مناسب با راندمان بالا استفاده شود. از دیگ های چگالشی، دیگ چدنی یا دیگ فولادی یا دیگ های چگالشی یا پکیج های مدولار، .... با توجه به کاربری می توان استفاده نمود.
- محاسبات دقیق بار حرارتی و نیاز واقعی حرارت (نه بیشتر و نه کمتر)
- محاسبات بار حرارتی دیگ

۱. محاسبه بار هر جدار: $Q=UA(T_2-T_1)$ (U جدار با عایق و جدار بی عایق متفاوت است. دمای داخل در زمستان برابر ۲۰ درجه).
۲. تصحیح بار هر جدار با توجه به جهت جدار (اثر ضریب جهت).
۳. جمع بار جدارها تا بار اتاق بدست آید.
۴. تصحیح بار هر اتاق با توجه به ضریب، پس از اضافه کردن بار هوای منفوذی هر اتاق.
۵. جمع بار اتاق ها و اعمال ضریب اطمینان ۵ تا ۱۵ درصد (اصولاً ۱۰ درصد) تا بار حرارتی بدست آید.
۶. محاسبه بار لازم برای تامین آب گرم مصرفی.
۷. انتخاب بویلر یا دیگ از کاتالوگ

- در سیستم حرارت مرکزی، طراحی و اجرای تاسیسات آب گرم مصرفی باید بطور مجزا انجام شود و یا عملکرد مجزای آن توسط شیرهای برقی یا کنترل اتوماتیک امکان پذیر گردد. (مبحث ۱۹-۴-۴-۱ بند الف)

۳- عایقکاری حرارتی

عایقکاری قسمتهایی از موتورخانه، مخصوصاً لوله های خروجی از دیگ که احتمال اتلاف انرژی در آنها بالا است نقش بسزایی در کاهش مصرف سوخت خواهد داشت. به همین دلیل لازم است قبل از هر کاری به عایقکاری تاسیسات مختلف موتورخانه پرداخته شود. از مهمترین نکاتی که در زمان عایقکاری، باید بدان توجه شود، عبارتند از:

- جدار خارجی دیگ با عایق مناسب عایقکاری شود.
- لوله های رفت و برگشت به دیگ عایقکاری شوند.
- منبع انبساط باز باید بطور مناسبی عایقکاری شده و حفاظ مناسبی در مقابل عوامل جوی برای آن تعبیه شود.
- منبع دوجداره یا کویل دار و کلیه لوله های رفت و برگشت آب گرم مصرفی و چرخشی باید عایقکاری شود.
- کلکتورها نیز باید عایقکاری شوند.
- نوع عایق مناسب انتخاب شود.
- از فشرده سازی عایق جلوگیری شود.

۴- سختی گیر

در سیستمهای تاسیساتی و خصوصاً در مکان هایی که آب دارای املاح بیش از حد استاندارد است استفاده از سختی‌گیر برای آب کل ساختمان توصیه می‌شود. استفاده از سختی‌گیر از بُعد جلوگیری از رسوب املاک در لوله‌های سیستم تاسیسات و مجاوری آب دیگ و منابع دو جداره یا کویل‌دار و استفاده حداکثر از ظرفیت آنها انجام گیرد.

۵- مشعل

- متناسب با دیگ موتورخانه مشعل مناسب انتخاب شود و از انتخاب مشعل خیلی بزرگ با ظرفیت حرارتی بالا پرهیز شود.
- استفاده از مشعلهای استاندارد که یکی از گامهای اساسی برای کاهش هزینه های مربوط به سوخت، کاهش آلودگی و کاهش هزینه سرویس و تعمیرات می باشد.
- در صورت امکان تجهیزاتی با نظر متخصصان برای پیش گرمایش هوای احتراق در سیستم در نظر گرفته شود.
- پیش گرمایش سوخت مصرفی نیز نقش عمده ای در بالا رفتن بازده مشعل دارد.

۶- پمپ سیرکولاتور

❋ پمپ سیرکولاتور در سیستم حرارت مرکزی، جبران و تامین افت فشار ناشی از حرکت آب در لوله ها، اتصالات رادیاتورها و دیگ و ... می باشد.

❋ انتخاب مناسب پمپ گردش آب در سیستم حرارت مرکزی می تواند در کاهش مصرف انرژی تاثیر داشته باشد. انتخاب ظرفیت پمپ بر اساس بار حرارتی ساختمان و دمای آب در گردش صورت می گیرد. با رعایت نکاتی ساده می توان در مصرف انرژی صرفه جویی کرد. اقداماتی نظیر انتخاب پمپ مناسب متناسب با بار موجود و نظارت بر عملکرد آن می توانند تداوم کار پمپ را تضمین نموده و میزان مصرف انرژی را در آنها کاهش دهد. عملکرد موفق یک پمپ تا حدود زیادی بستگی به انتخاب و نصب صحیح آن دارد.

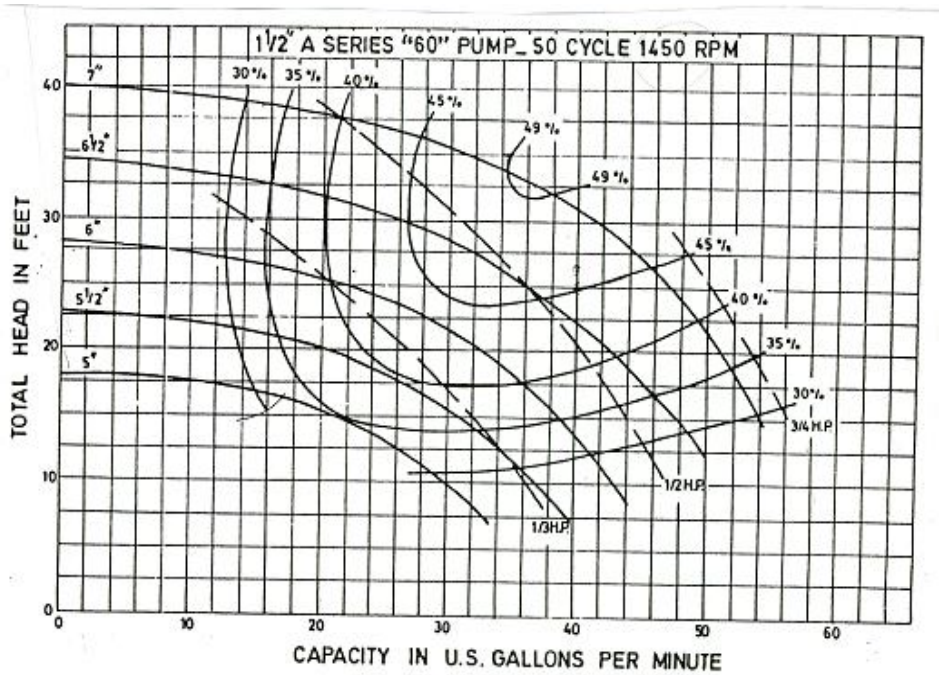
❋ رعایت نکات زیر در انتخاب پمپ ها باعث کاهش مصرف انرژی خواهد شد:

- از انتخاب پمپ بر اساس تجربه و یا حجم ظاهری سیستم حرارت مرکزی خودداری نمایید، زیرا:
  - انتخاب پمپ کمتر از حد مورد نیاز برای انتقال حرارت، باعث افزایش کارکرد پمپ و در نتیجه استهلاک و مصرف بیش از حد انرژی الکتریکی خواهد شد.
  - ضمن اینکه به دلیل عدم انتقال حرارت کافی، آسایش ساکنین واحد نیز تامین نخواهد شد.
  - انتخاب پمپ نامناسب با ظرفیتی بالاتر از حد استاندارد مورد نیاز، علاوه بر بهای انرژی، هزینه های نگهداری را نیز افزایش می دهد.

❋ GPM= (Q/500 DT)

❋ HEAD = جمع افت هد واقعی مسیر بسته، نه کمتر و نه بیشتر. (غلط 0.075L (L/10

❋ از پمپهای با بازدهی بالا استفاده نمایید.



۹- تجهیزات کنترلی

- سیستم کنترل هوشمند موتورخانه حرارتی، سامانه ای است که از طریق آن تجهیزات داخل موتورخانه متناسب با نیاز حرارتی داخل ساختمان به کارگرفته می شوند. تشخیص این نیاز از طریق سنسورهای داخل و خارج ساختمان و با توجه به شرایط محیطی توسط سیستم هوشمند انجام می پذیرد، این امر باعث می گردد تا علاوه بر کاهش مصرف سوخت موتورخانه، میزان استهلاک تجهیزات کاهش یافته و آسایش حرارتی داخل ساختمان در حد استاندارد خود تنظیم گردد.
- محل نصب سنسورهای حرارتی سیستم هوشمند در داخل موتورخانه عبارتند از:
  - یک عدد سنسور بی سیم جهت خواندن دمای حداقل خارج ساختمان که در ضلع شمالی نصب می گردد.
  - یک عدد سنسور بی سیم جهت خواندن دمای داخل ساختمان جهت راهبری موتورخانه توسط دستگاه هوشمند به صورت هرچه دقیق تر و عملکرد موتورخانه منطبق با شرایط داخل ساختمان.
  - یک عدد سنسور برای آب خروجی از دیگ ها جهت کنترل مشعل ها.
  - یک عدد سنسور برای آبگرم برگشت جهت کنترل پمپ های رادیاتور.
  - یک عدد سنسور بر روی خط برگشت آبگرم چرخشی داخل کویل منبع آبگرم.
  - یک عدد سنسور بر روی خط برگشت آبگرم مصرفی جهت کنترل پمپ سیرکولاسیون برگشت آب گرم مصرفی و خواندن دمای آبگرم مصرفی و تثبیت آن توسط کنترل مشعل ها.
- کنترل دما از طریق تنظیم زمانهای روشن و خاموش تجهیزات گرمایشی (مشعل و ...)، یا کنترل ظرفیت و یا تنظیم جریان سیال فعال (توسط پمپ و شیر برقی) در تاسیسات گرمایش مرکزی.
- بالانس کردن مدارهای توزیع سیستم های گرمایشی و سرمایشی (با استفاده از تجهیزاتی مانند دمپر، دماسنج و فشار سنج در سیستم کانال های توزیع و یا استفاده از تجهیزاتی مانند شیر بالانس، دماسنج و فشار سنج در سیستم لوله کشی توزیع سرما و گرمای تولیدی شده).
- نصب کنترل ترموستاتیک برای پایانه های سیستم های سرمایشی و گرمایشی.
- استفاده از کنترل مرکزی تاسیسات گرمایشی و سرمایشی مجهز به سنسور هوای خارج.
- نصب کلید روشن و خاموش شدن برای دمنده و فن های سیستم های تامین هوای تازه یا نصب کنترل خودکار بر روی آنها جهت کارکرد در زمان مورد نیاز.
- نصب سیستم کنترل دما در تجهیزات آب گرم مصرفی.
- در واحدهای مستقل ساختمانی که گرمایش، سرمایش یا آب گرم مصرفی آنها با یک سیستم مشترک تامین می‌شود. توصیه می‌شود که برای هریک از واحدها کنتور اندازه‌گیری مصرف انرژی نصب گردد، تا اثر تدابیر به کار برده شده برای کاهش مصرف انرژی در هر واحد، جداگانه محاسبه و عاید همان واحد گردد.
- تجهیز سیستم لوله‌کشی آبگرم مصرفی به لوله برگشت آبگرم با عایق بندی مناسب.
- استفاده از الکتروپمپ های مناسب از نظر ظرفیت و راندمان برای گردش آب (بازده بالاتر).
- تعبیه شیر فلکه مجزا برای هر واحد ساختمانی (آبگرم و آب سرد).
- استفاده از سیستم هوشمند موتورخانه ضرورت دارد.
- نصب سیستم برنامه ریزی کارکرد تجهیزات برای همه ساختمان های گروه ۱ و ساختمان های گروه ۲ الزامی است.

۱۰- بازیافت حرارت

بازیابی حرارت و فراهم کردن امکان ذخیره سازی انرژی توصیه می شود.

انتخاب وسیله پخش حرارت - تبادل حرارت - مبدل حرارتی

انواع مبدل حرارتی که در تاسیسات حرارتی مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از:

۱. رادیاتور
۲. فن کویل
۳. کنوکتور
۴. یونیت هیتر
۵. کویل گرم دستگاه تهویه مطبوع (مانند هواساز، زنت، ....)
۶. گرمایش تابشی (گرمایش از کف، ....)

۱- رادیاتور و کنوکتور

آب گرم مورد نیاز رادیاتورها توسط دیگهای آبگرم مستقر در موتورخانه مرکزی یا توسط پکیج حرارتی مستقل تامین می گردد.

مزایا:

- کنترل دمای هر فضا به آسانی امکان پذیر است.
- نصب و راه اندازی سیستم آسان است.
- هزینه اولیه سیستم پایین می باشد.
- مصرف برق سیستم پایین می باشد.
- هزینه تعمیر و نگهداری سیستم پایین می باشد.
- نصب رادیاتور زیر پنجره ها مانع از تقطیر بخار هوا روی سطح شیشه ها می شود.
- با نصب شیرهای ترموستاتیک روی هر رادیاتور می توان در مصرف انرژی صرفه جویی کرد.

معایب:

- هیچ گونه کنترلی روی رطوبت فضاها وجود ندارد.
- جهت نصب رادیاتورها بایستی فضا در نظر گرفته شود.
- در صورت استفاده از موتورخانه مرکزی طول لوله های انتقال آبگرم زیاد شده و در نتیجه هزینه عایقکاری لوله افزایش می یابد.
- به علت شرایط خاص برای فضاهایی که نیاز به تهویه هوا و تحت فشار گذاشتن آن باشد، این سیستم در زمستان جوابگو نیست.
- چون هیچ فیلتراسیونی روی هوای تازه وجود ندارد، امکان انتقال ویروس ها و میکروبها و ... به داخل فضاها وجود دارد.

مشخصات ابعادی و ظرفیت حرارتی

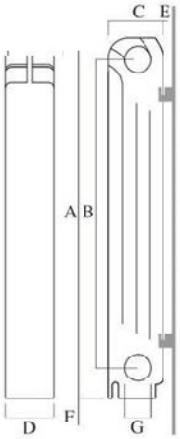
MODEL	ISO 3147-3150				A	B	C	D	E	F	G	Water content	Weight of element
ECO	Watt	Kcal/h	Btu/h	η	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Inch	Liter	Kg
500	133	115	456	1.353	568	500	80	63	25	120	1	0.3	0.85

ظرفیت حرارتی (خروجی) بر حسب Watt در $\Delta T=60\,C$ (میانگین دمای آب رفت و برگشت منهای دمای اتاق) مطابق با آزمون انجام شده طبق استاندارد ISO 3147-3150 محاسبه شده است.

برای سایر ظرفیتها با تغییر ΔT از رابطه زیر می توان استفاده کرد: توان حرارتی در $Qn=(\Delta T=60^{\circ}C)$

توان حرارتی در سایر اختلاف دما ها $Q=(\Delta T)$

$$Q=Qn\left(\frac{\Delta T}{60}\right)^{\eta}$$



مشخصات ابعادی و ظرفیت حرارتی

MODEL	ISO 3147-3150				A	B	C	D	E	F	G	Water content	Weight of element
CALORIE	Watt	Kcal/h	Btu/h	η	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Inch	Liter	Kg
350	110	95	377	1.331	430	350	78	80	25	120	1	0.29	1.10
500	147	126	500	1.348	580	500	78	80	25	120	1	0.34	1.35
600	170	146	579	1.331	680	600	78	80	25	120	1	0.38	1.55

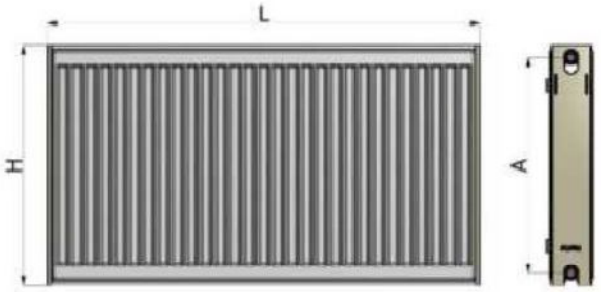
ظرفیت حرارتی (خروجی) بر حسب Watt در $\Delta T=60^{\circ}C$ (میانگین دمای آب رفت و برگشت منهای دمای اتاق) مطابق با آزمون انجام شده طبق استاندارد ISO 3147-3150 محاسبه شده است.

برای سایر ظرفیتها با تغییر ΔT از رابطه زیر می توان استفاده کرد: توان حرارتی در $Qn=(\Delta T=60^{\circ}C)$

توان حرارتی در سایر اختلاف دما ها $Q=(\Delta T)$

$$Q=Qn\left(\frac{\Delta T}{60}\right)^{\eta}$$

Panel



TYPE	H (mm)	A (mm)	η	L (mm)						
				600	800	1000	1200	1400	1600	1800
				Output	Output	Output	Output	Output	Output	Output
22 (PKKP)	400	350	1.2827	785	1050	1310	1570	1834	2095	2360
	555	500	1.2899	990	1320	1650	1980	2310	2640	2950
	600	550	1.2930	1085	1450	1810	2170	2535	2896	3260

Output in Kcal/hr at Δt 60°C mean to room temperature from tests carried out in accordance with ISO 3147 - 3150.

Outputs of other Δt calculated as follows : $Q = Qn\left(\frac{\Delta t}{60}\right)^{\eta}$

۲- یونیت هیتر

- یونیت هیترها از لحاظ مختلفی تقسیم بندی می شوند که به صورت زیر می باشند:

۱. **واسطه و انرژی حرارتی**: در این طبقه بندی یونیت هیترها به انواع آبی، بخار و برقی تقسیم بندی می شوند.

۲. **نوع پروانه**: در این طبقه بندی یونیت هیترها به انواع فن ملخی و سانتریفیوژ تقسیم بندی می شوند.

۳. **ترتیب قرار گرفتن قطعات**: به نوع مکنده (که بوسیله پروانه از روی کویل مکیده می شود) و نوع دمنده (که در آن بوسیله فن به روی کویل دمیده می شود) تقسیم بندی می شود.

۴. **محل نصب**: به انواع سقفی آویزی و زمینی دسته بندی می شوند. در نوع سقفی آویزی جریان هوا می تواند افقی و یا عمودی باشد و در نوع زمینی دستگاه بر روی زمین نصب می شود و هوا به وسیله هدایت کننده هایی به سمت و محل مورد نظر هدایت می شود.

- یونیت هیترها برای موارد زیر به کار می روند:
  - داشتن قدرت حرارتی زیاد
  - جاگیری کمتر مخصوصاً در مدل های دیواری و سقفی
  - توزیع بهتر هوای گرم
  - سرعت زیاد در گرم کردن فضا
- انتخاب یونیت هیتر:

کارخانه های سازنده یونیت هیتر تولیدات خود را در شرایط استاندارد و یا در شرایط دیگری که مشخص می کنند در جداولی برای مدل های مختلف ارائه می دهند که با استفاده از جدول و فاکتورهای مهم زیر می توان تعداد و مدل مورد نظر را تعیین کرد:

- ✦ سیال حامل انرژی
- ✦ نوع یونیت هیتر مناسب
- ✦ محل قرارگیری یونیت هیتر
- ✦ سطح مجاز سر و صدا
- ✦ ظرفیت حرارتی
- ✦ نیاز به انجام تصفیه مکانیکی

۳- فن کویل

انواع فن کویل عبارتند از :

- ➢ زمینی
- ➢ سقفی روکار
- ➢ سقفی توکار
- ➢ کاستی
- ➢ دیواری

- سیستم فن کویل جهت سرمایش و گرمایش و هواساز جهت تامین هوای تازه مورد نیاز فضاها استفاده می شود.
- از جمله سیستم های متداول که در بسیاری از ساختمان ها مورد استفاده قرار می گیرد سیستم فن کویلهای سقفی یا زمینی می باشد.
- در این سیستم جهت تامین آب سرد مورد نیاز فن کویلها از چیلر (جذبی یا تراکمی) استفاده می شود.
- آب گرم مورد نیاز به وسیله بویلر تامین می گردد.
- هواسازها نیز هوای تازه مورد نیاز فضاهای مختلف را پس از فیلتره کردن و گرمایش یا سرمایش وارد فضاها می کنند.
- بدین ترتیب امکان ایجاد فشار مثبت برای فضاهای خاص که استاندارد آنها را تعیین می کند وجود دارد.

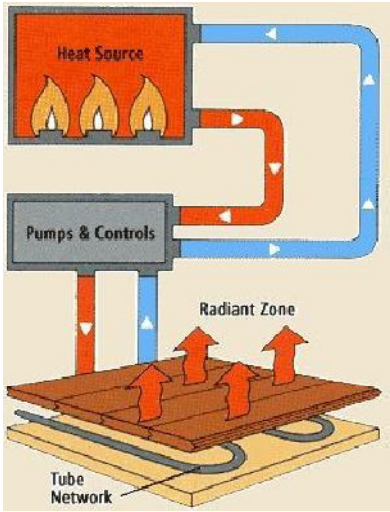
مزایا:

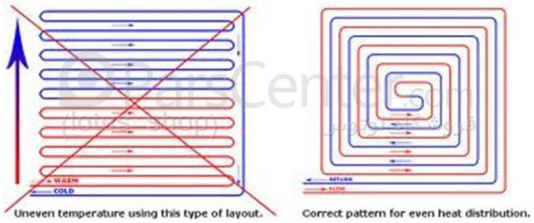
- کنترل دما و رطوبت در هر فضا بطور مستقل امکان پذیر است.
- با استفاده از سیستم ذخیره یخ (BANK ICE) می توان از چیلر با ظرفیت کمتر (تقریباً ۵۰٪) استفاده کرد.
- استفاده از فن کویل های زمینی زیر پنجره ها مانع از تقطیر بخار هوا روی سطح شیشه ها می شود.
- متمرکز بودن تجهیزات موتورخانه مرکزی موجب پایین آمدن هزینه های تعمیر و نگهداری می شود.
- امکان ایجاد فشار مثبت در فضاها وجود دارد و بنابراین گرد و غبار، میکروب، ویروس و ... نمی تواند از درز دربها و پنجره ها به داخل نفوذ کند.
- با استفاده از فیلترهای با راندمان بالا می توان مقدار آلاینده های موجود در هوای تازه را تا بیشتر ۹۹ درصد جذب کرد.
- با استفاده از فیلترهای کربن فعال امکان جذب بو وجود دارد.

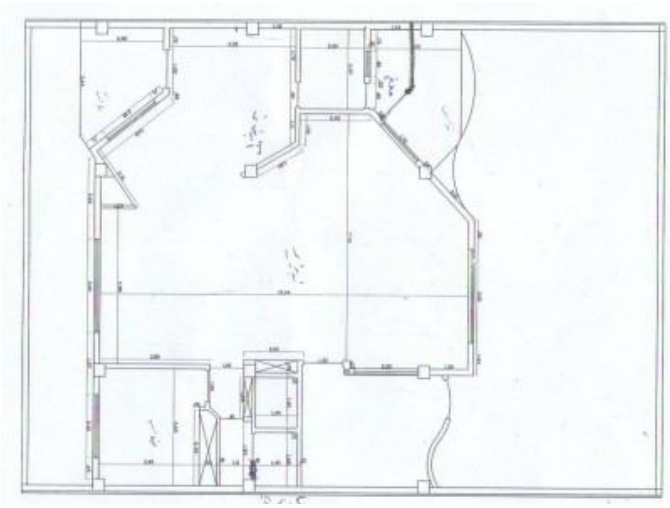
معایب:

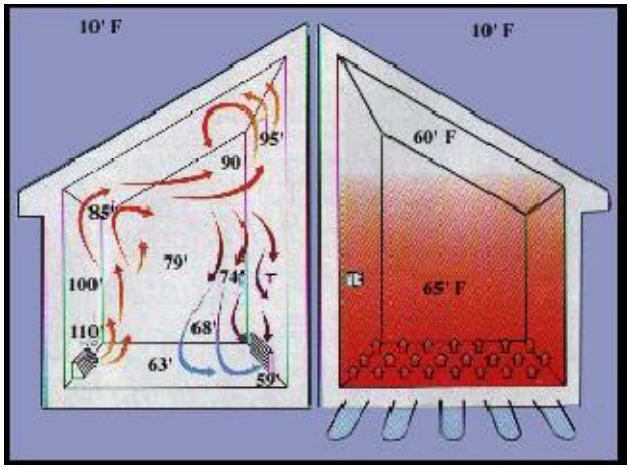
- طول لوله های انتقال آب زیاد بوده و در نتیجه هزینه عایق کاری لوله ها افزایش می یابد.
- در صورت خراب شدن چیلر، بویلر، منابع آب گرم و ... قسمت اعظم ساختمان دچار مشکل می شود.
- جهت نصب فن کویلها بایستی فضا در نظر گرفته شود.
- تجهیزات جانبی (نظیر برج خنک کن، منابع آب گرم، سختی گیر، پمپ ها و ...) در این سیستم زیاد می باشد و در نتیجه فضای زیادی اشغال می گردد.
- در صورت استفاده از چیلرهای جذبی، هزینه تعمیر و نگهداری بالا رفته و نیروهای متخصص در این زمینه نیز کم می باشند.
- فضای زیادی بایستی به موتورخانه اختصاص داده شود.

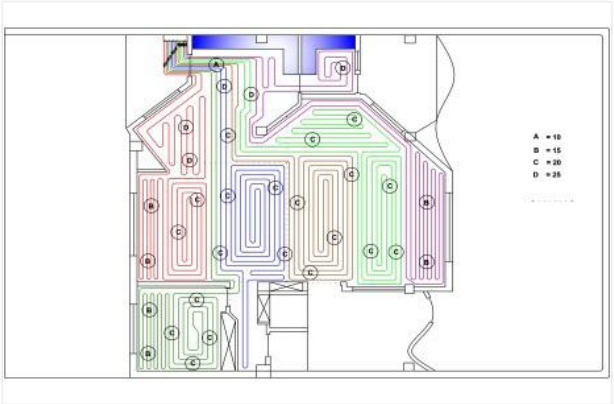
۴- گرمایش از کف

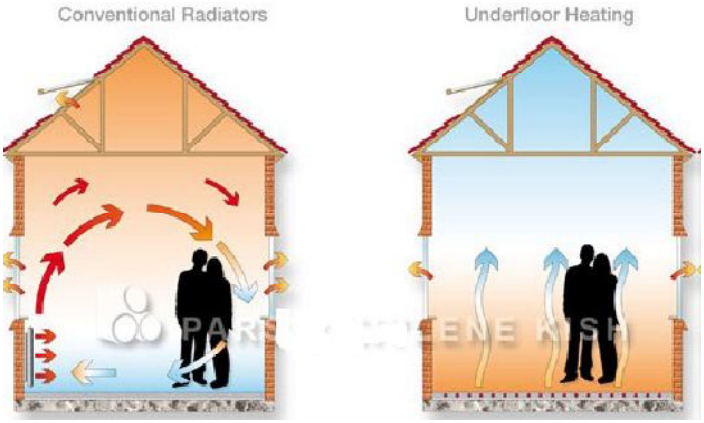












۴- پمپ حرارتی (Heat pump)

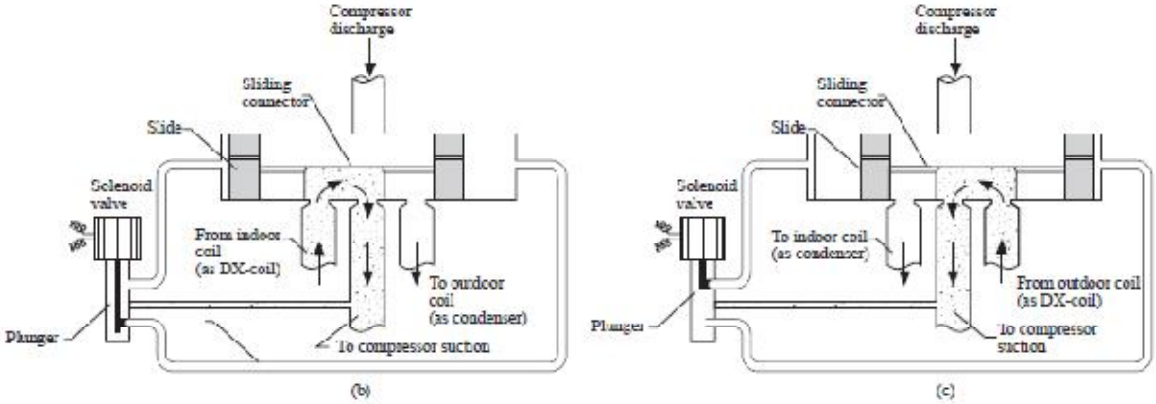
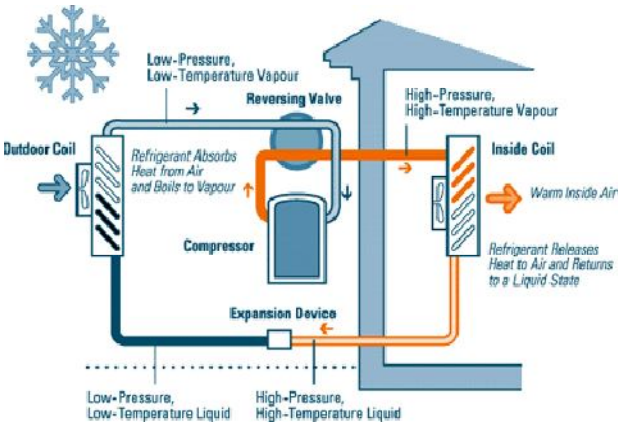


FIGURE 9.11.1 A DX refrigeration system: (a) schematic diagram; (b) four-way reversing valve, cooling mode; and (c) four-way reversing valve, heating mode.



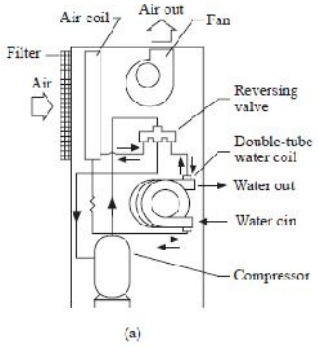


FIGURE 9.15.2 A water source heat pump sy

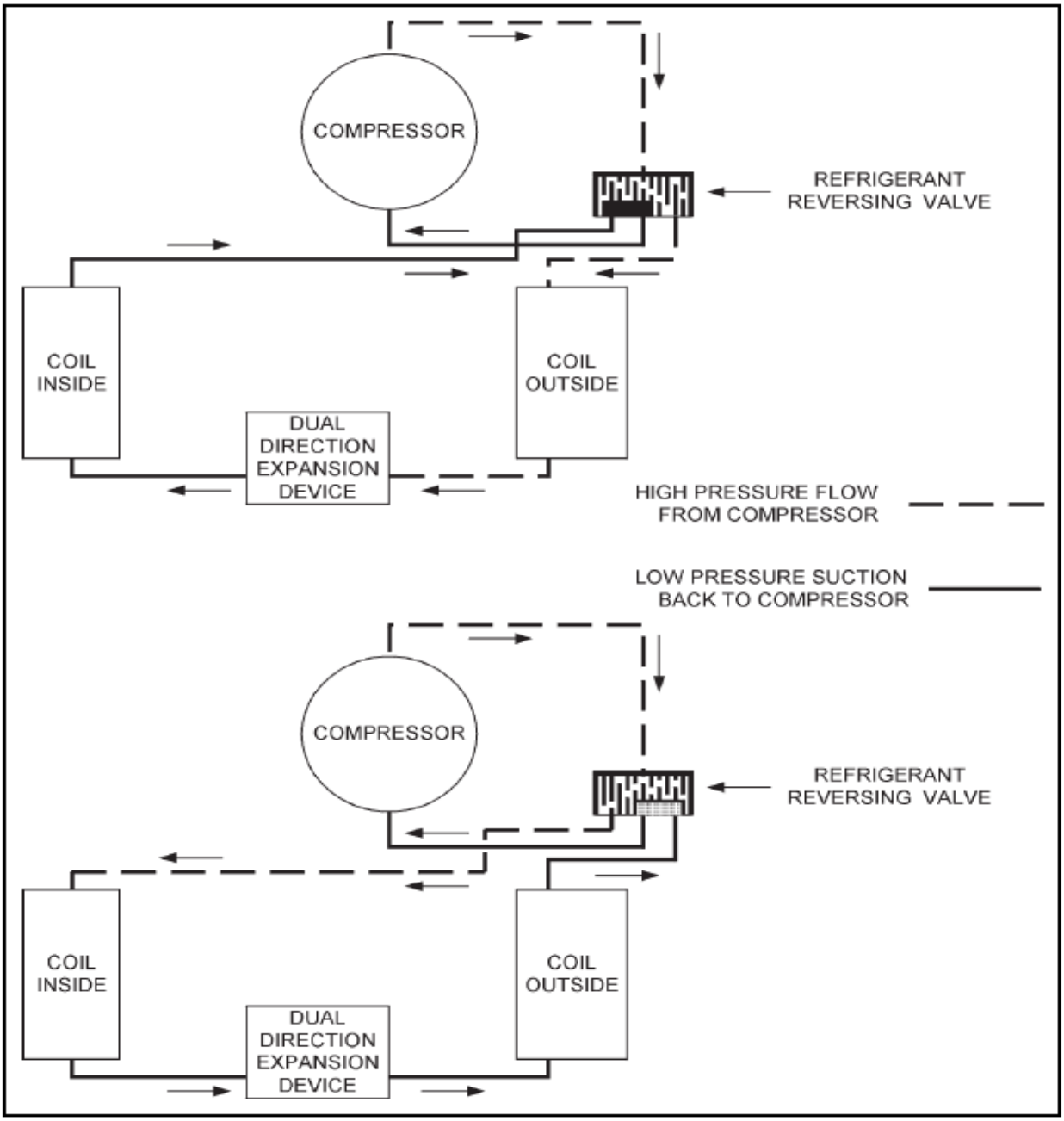
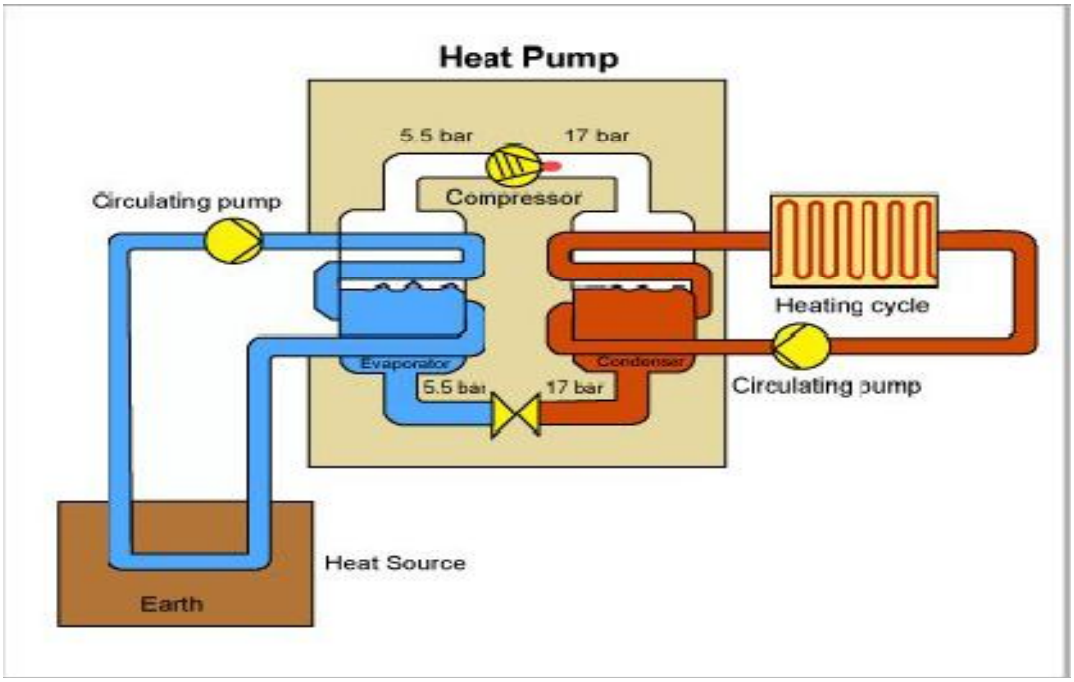
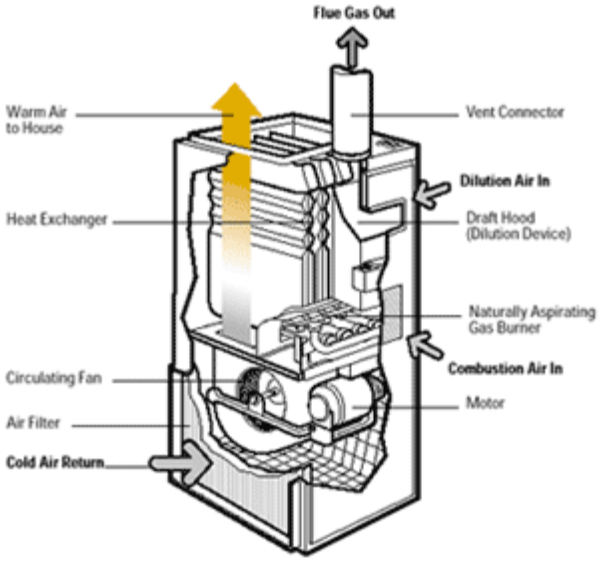
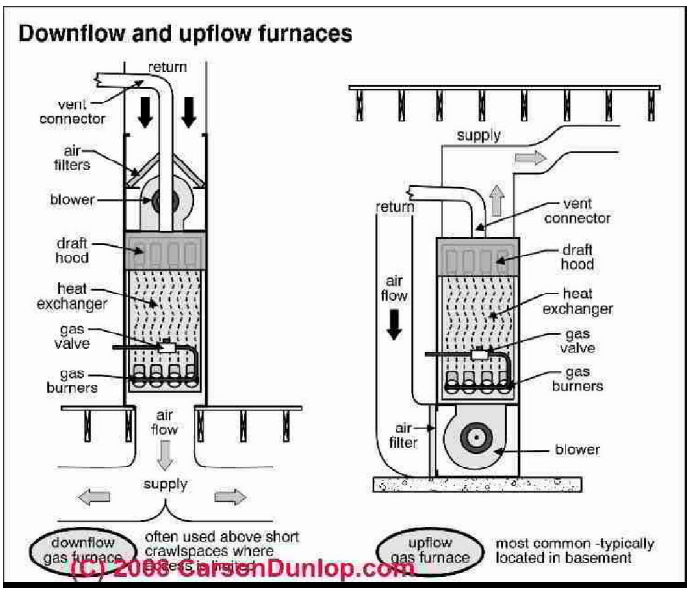


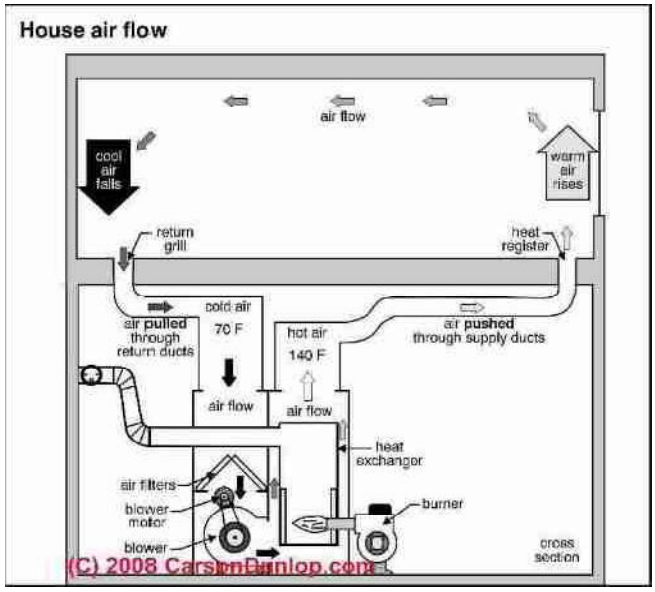
Figure 6.6 Heat Pump with Reversing Valve

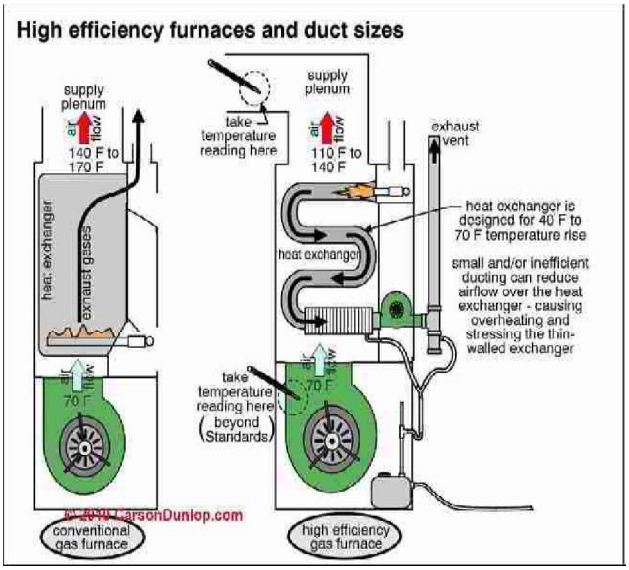


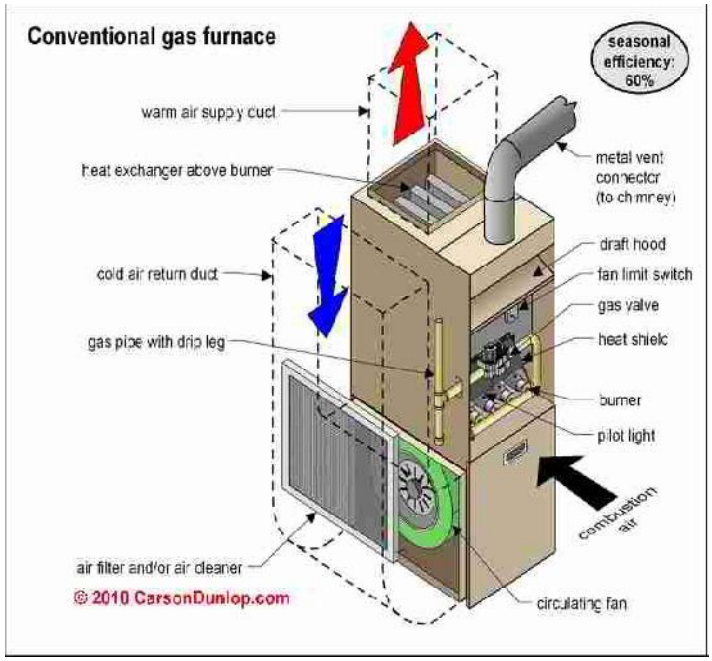
۵- کوره هوای گرم (Air Furnace)





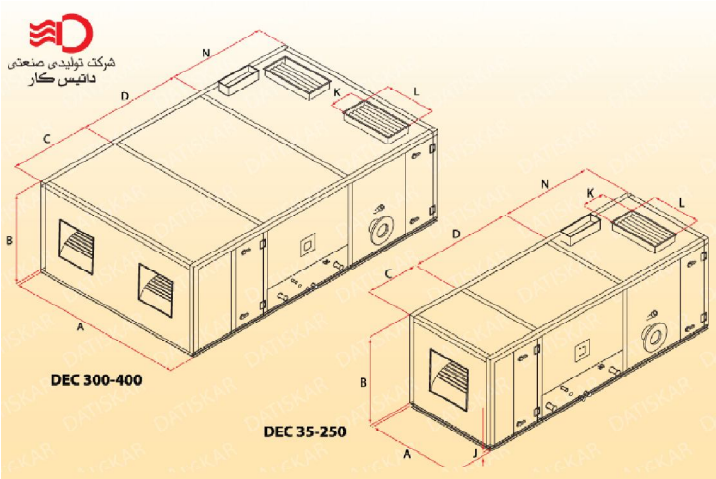


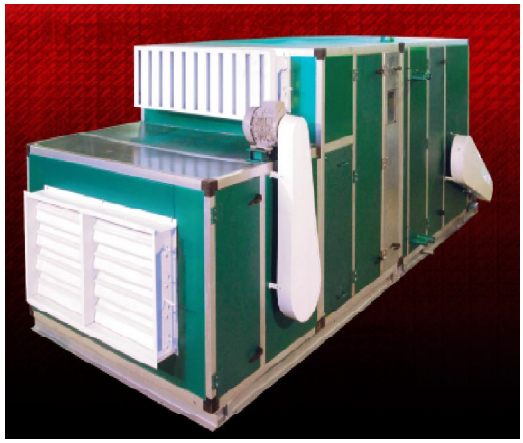




Econo Pack

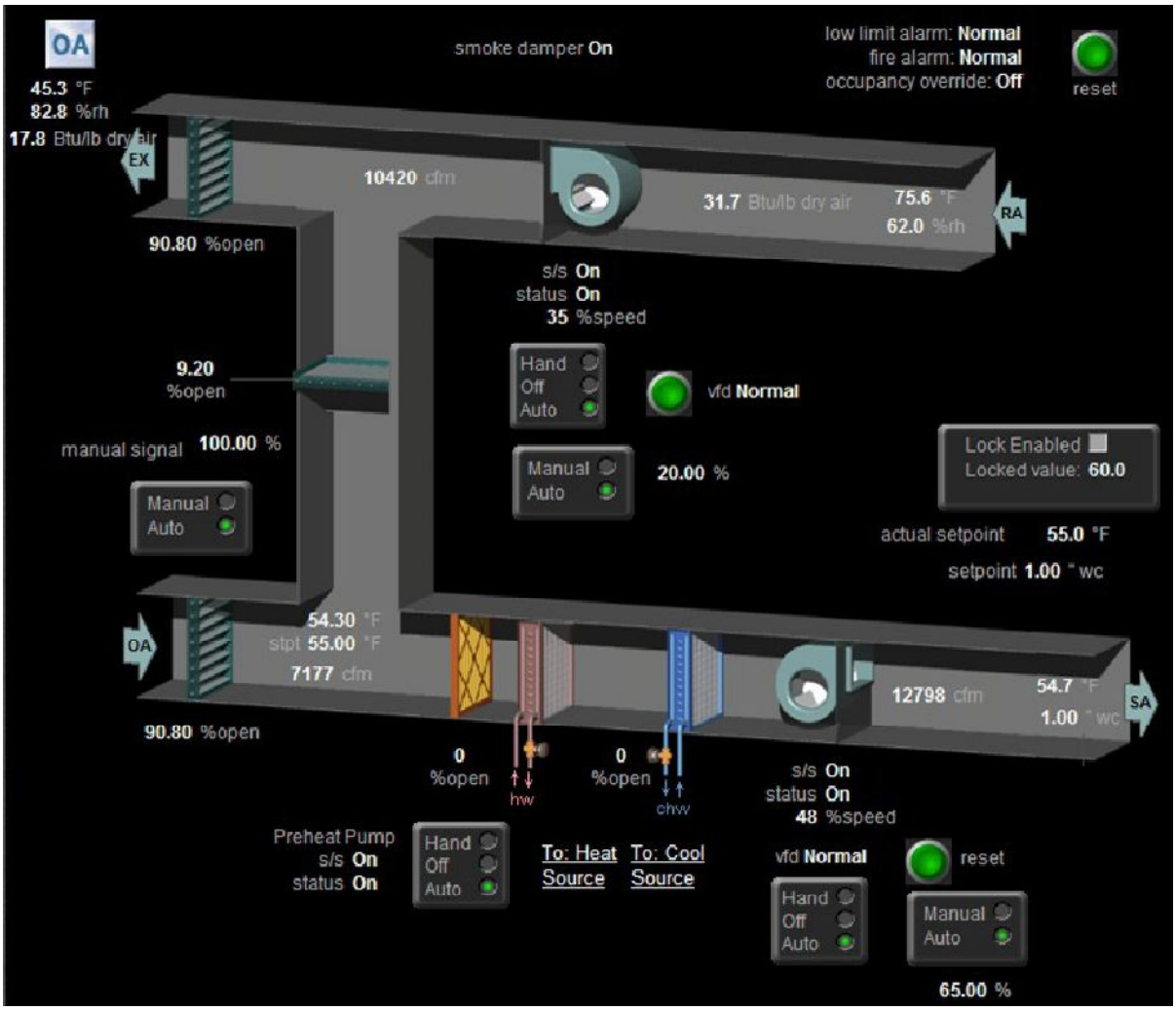
قسمت سرمایش این دستگاه از یک ایرواشر تشکیل شده است و قسمت گرمایش آن متشکل از یک کوره احتراق مستقیم مـی باشـد که در هوادهی های مختلف (۲۶۰ cfm تا ۴۰۰۰۰ cfm) و ظرفیت های حرارتی مختلف با استفاده از گاز طبیعی، گازوئیل و یـا هـر دو در دسترس می باشد.





۶- هواساز با کویل های گرمایشی و سرمایشی آب گرم، بخار هیتر یا برقی (Air Handling Unit)

در این سیستم ها که از نوع تمام هوا می باشند از یک یا چند دستگاه هواساز تک منطقه ای یا چند منطقه ای اسـتفاده مـی گـردد. در این سیستم ها نه تنها هوای تازه مورد نیاز فضاها از طریق این دستگاهها تامین می شود بلکه تامین سـرمایش و گرمـایش فضـاها نیز توسط این هواساز انجام می گردد. هواسازها ممکن است که دارای محفظه اختلاط، فیلترهای هوا، کویل هـای پـیش گرمـایش و پیش سرمایش، کویلهای گرمایش و سرمایش اصلی، رطوبت زن و فن (دمنده) با سیستم های کنترل باشد.

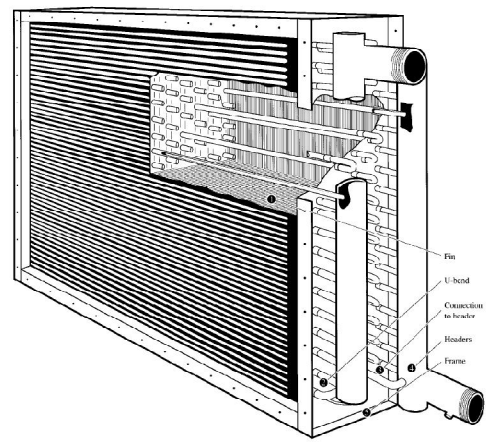


مزایا:

- ❖ امکان ایجاد فشار مثبت در فضاها وجود دارد و بنابراین گرد و غبار، میکروب، ویروس و ... نمی تواند از درز دربها و پنجره ها به داخل نفوذ کنند.
- ❖ با استفاده از فیلترهای با راندمان بالا می توان مقدار آلاینده های موجود در هوای تازه را تا بیشتر از ۹۹ درصد جذب کرد.
- ❖ با استفاده از فیلترهای فعال امکان جذب بو وجود دارد.
- ❖ در فضاهایی که طبق استاندارد امکان سیرکولاسیون هوا وجود دارد با سیرکولاسیون هوا می توان در مصرف انرژی صرفه جویی کرد.
- ❖ در فضاهایی که نیاز به رطوبت زنی هوا می باشد می توان رطوبت را به درون فضا تزریق کرد.

معایب:

- ✧ در صورت استفاده از هواسازهای تک منطقه ای امکان کنترل دما و رطوبت نسبی مستقل فضاها وجود ندارد مگر با تمهیدات خاص.
- ✧ به علت افزایش حجم کانال ها فضای بیشتری بایستی به سقف های کاذب اختصاص داده شود.
- ✧ برای هر یک از دستگاههای هواساز بایستی مکان خاصی در نظر گرفته شود.
- ✧ هزینه عایقکاری کانالها بالا می رود.
- ✧ در صورت استفاده از سیستم های چند منطقه ای هزینه اولیه تجهیزات و کانال کشی افزایش می یابد.



زنت (Zent)

- ✓ دستگاهی است دو منظوره که علاوه بر ایجاد سرمایش و گرمایش، میزان رطوبت هوا را نیز تنظیم کرده و مطابق با شرایط آب و هوایی ایران طراحی گردیده است.
- ✓ زنت مخفف زمستانی/ نیمه/ تابستانی می باشد.
- ✓ زنت دستگاهی است که در تابستان هوای بیرون را گرفته و از لابه لای پوشالهای مرطوب عبور می دهد و پس از خنک شدن (مانند کولر آبی) توسط کانال های اجرا شده به فضاهای داخلی ساختمان را گرفته و از لا به لای کویل های آبگرم بالای دستگاه عبور داده و هوای گرم را به فضاهای داخلی ساختمان منتقل می نماید.
- ✓ این دستگاه در ایران اختراع شده است.

کویل گرم دستگاههایی مانند زنت، reheater و ....

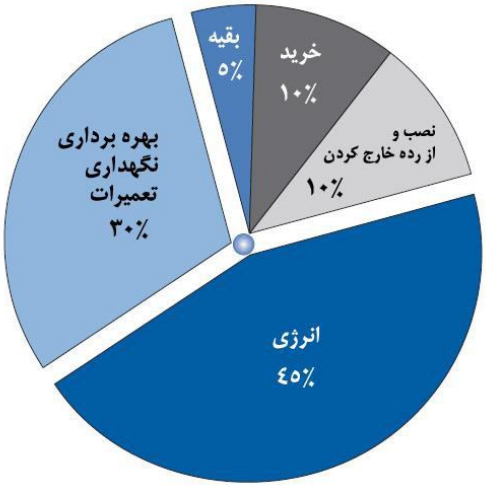
مدیریت انرژی

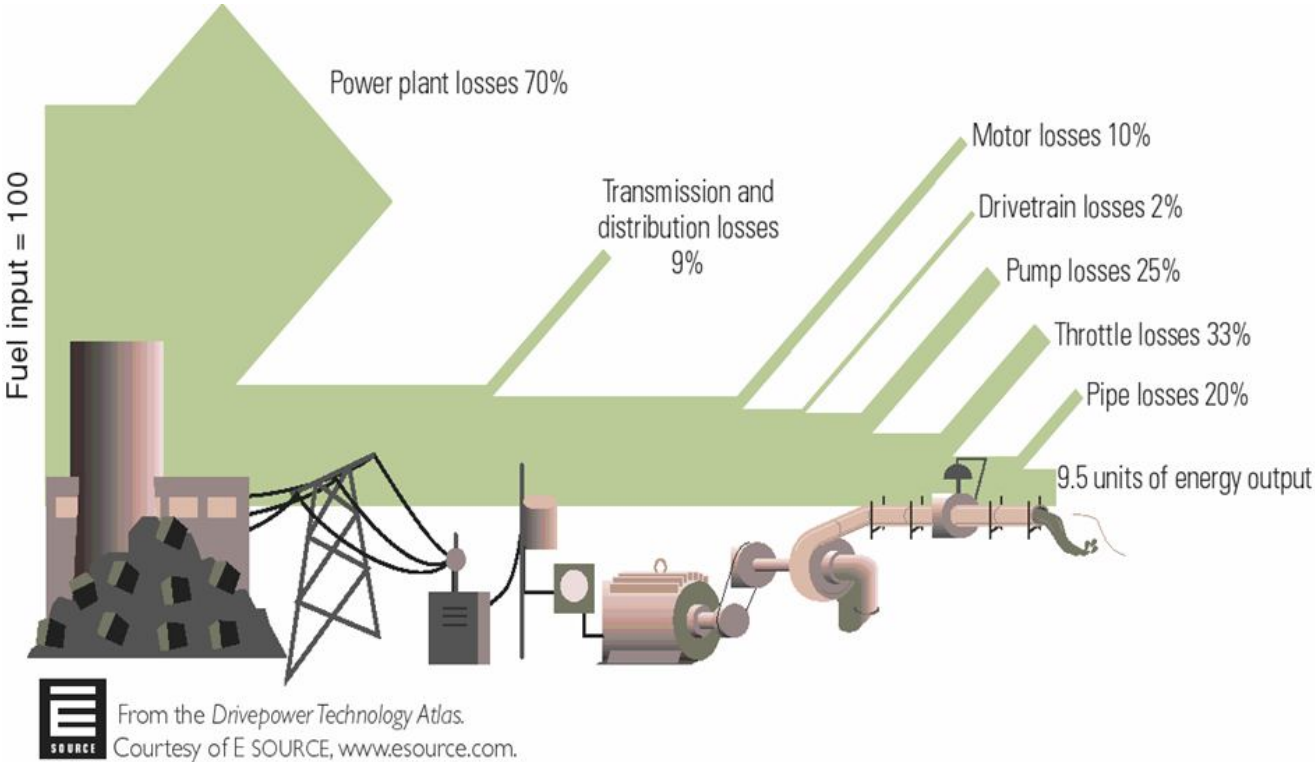
در

الکتروپمپ ها

مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در الکتروپمپ ها

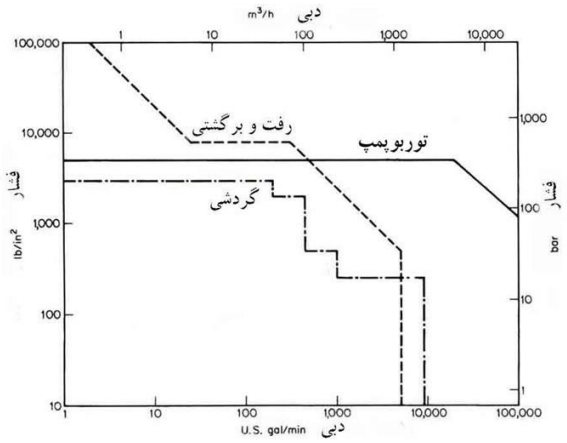
مجموعه هزینه های پمپ در دوره کاری آن



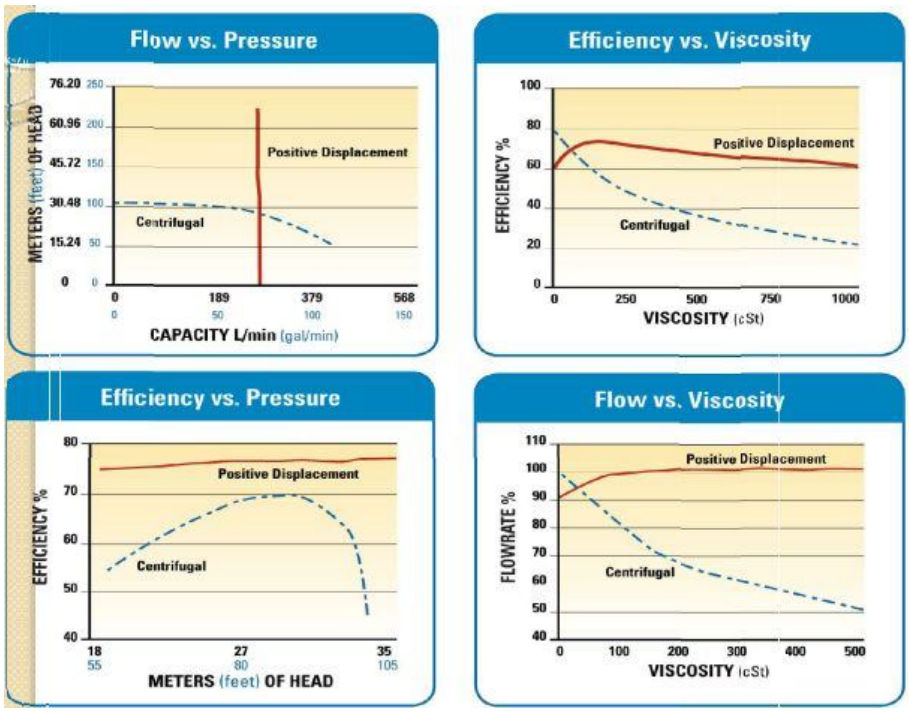


Saving a single unit of pumping energy can save more than ten times that energy in fuel.

مقایسه محدوده کارکرد پمپ های مختلف



مقایسه منحنی عملکرد پمپ های جابجایی مثبت و سانتریفیوژ



هزینه های دوره عمر یک محصول (LLC: Life Cycle Cost)

هزینه های دوره عمر یک محصول عبارت است از جمع کل هزینه ها در عمر مفید آن محصول شامل خرید، نصب، بهره برداری، تعمیرات و انهدام قطعه پس از اتمام عمر آن.

جمع کل هزینه ها = هزینه های دوره عمر یک پمپ (LCC)

LCC = Cin + Cinst + Ce + Cop + Cor + Cdt + Cc + Cv

Cin = هزینه های اولیه

Cinst = هزینه های نصب

Ce = هزینه های انرژی

Cop = هزینه های کارکرد

Cor = هزینه تعمیر و نگهداری

Cdt = هزینه عدم کارکرد

Cc = هزینه های زیست محیطی

Cv = هزینه های از رده خارج کردن

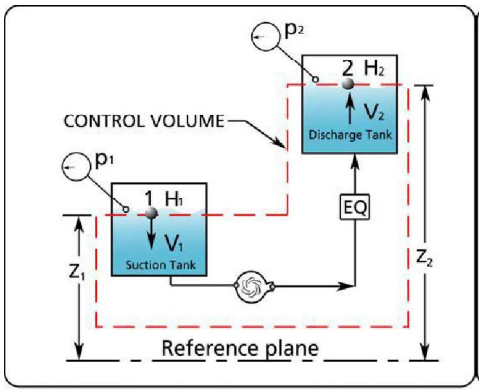
هزینه خرید تنها قسمت کوچکی از کل LCC را تشکیل می دهد و هزینه های انرژی، تعمیر و نگهداری و سایر هزینه ها به عنوان بخش های پنهان هزینه های دوره عمر پمپ محسوب می شوند.

ارتفاع کلی هر سیستم هیدرولیکی شامل اجزاء زیر می باشد:

- ❖ ارتفاع ناشی از اختلاف فشار بین منبع مکش و دهش
- ❖ ارتفاع سرعتی
- ❖ ارتفاع استاتیکی
- ❖ ارتفاع اصطکاکی

hp + hv + hs + hf = Head

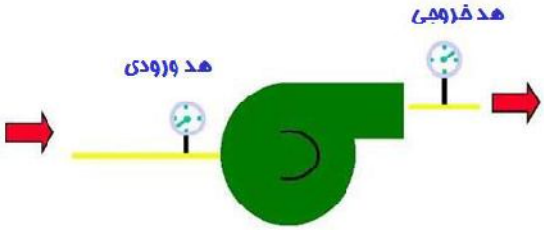
$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z + hf = \text{Head}$$

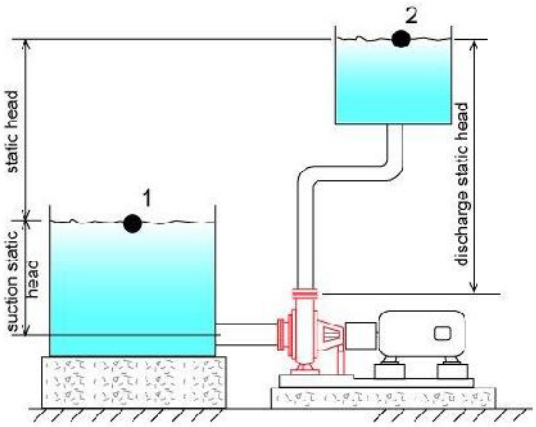


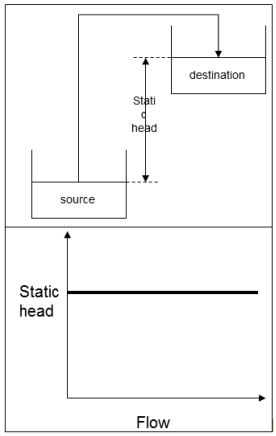
ارتفاع استاتیکی Static Head:

همان اختلاف ارتفاع سطح مایع در دو منبع مکش و دهش سیستم پمپاژ می باشد.

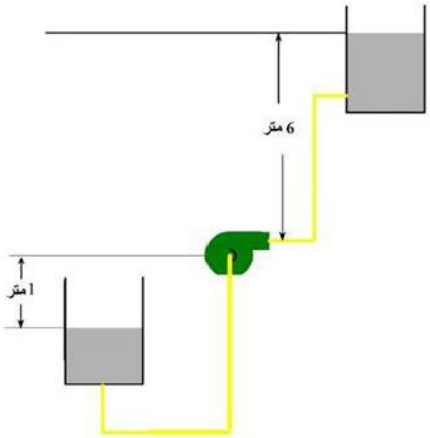
هد ورودی - هد خروجی = هد کل



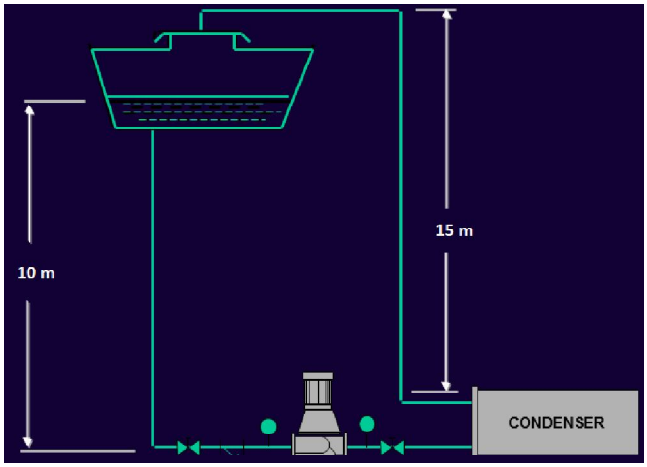




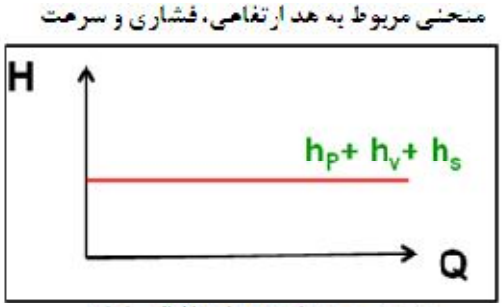
در شکل زیر هد تقریباً ۷ متر است.

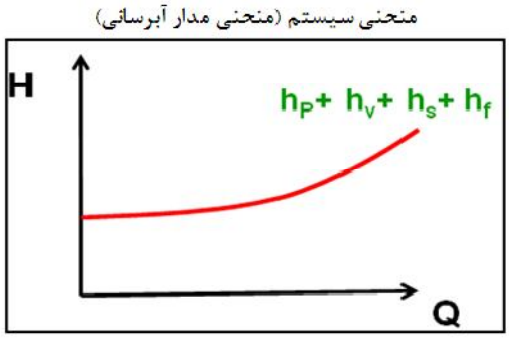


در شکل زیر هد تقریباً ۵ متر است.



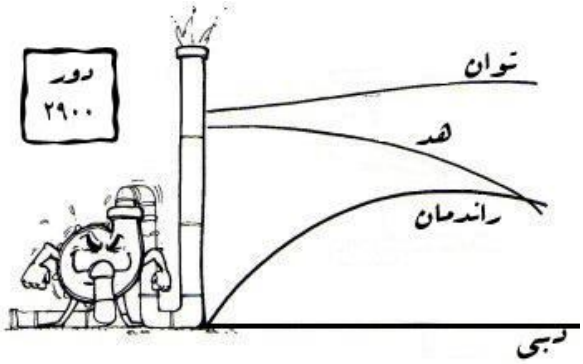
Total head = Static head + friction head





منحنی های مشخصه پمپ

کلیه مشخصات پمپ های سانتریفیوژ اعم از هد، توان و راندمان را در سرعت دورانی مورد نظر به ازاء دبی های مختلف نمایش می دهند تا استفاده عملی از آن راحت تر گردد.



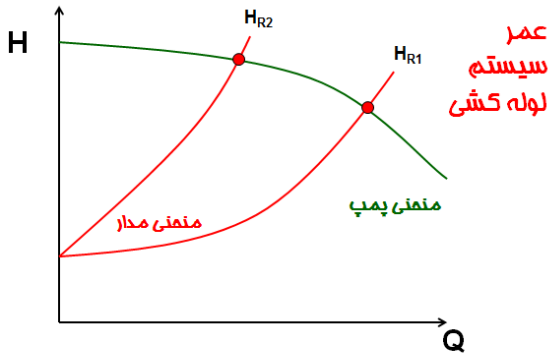
نمودار H – Q

نمودار P – Q

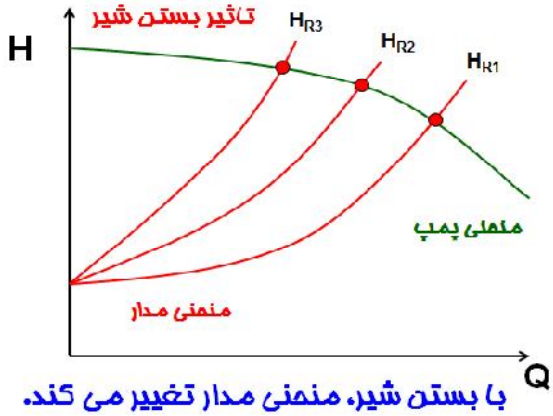
نمودار η – Q

نمودار NPSH – Q

عوامل موثر بر منحنی سیستم

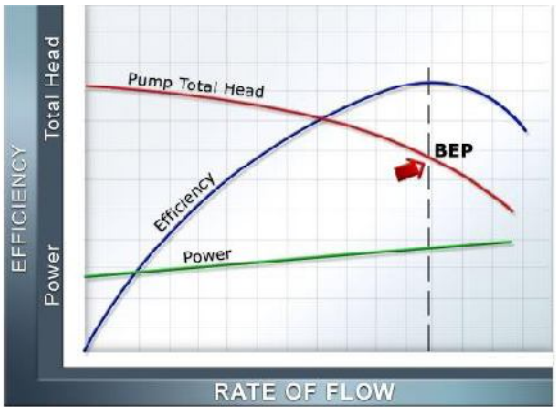


با گذشت زمان شیب منحنی مدار افزایش می یابد.

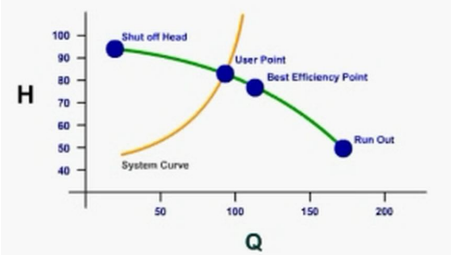


با بستن شیر، منحنی مدار تغییر می کند.

Best Efficiency Point



در منحنی H-Q چهار نقطه وجود دارد که حائز اهمیت است و عبارتند از:



۱. بیشترین هد (Shut Off Head)
۲. بیشترین دبی (Run Out)
۳. بیشترین بازدهی (BEP)
۴. نقطه کار پمپ (User Point)

توان جذبی الکتروپمپ

طبق تعریف، توان جذبی یک الکتروپمپ مطابق رابطه زیر است:

توان — چگالی — دبی — هد — راندمان

$$P = \frac{\rho \times Q \times H}{367 \times \eta}$$

با توجه به فرمول فوق، افزایش راندمان به میزان ۱۰ درصد باعث کاهش مصرف انرژی به میزان ۱۰ درصد خواهد شد.

مثال: در صورتی که بخواهیم ۵۰ مترمکعب آب را به ارتفاع ۵۹ متر ارسال نمائیم و راندمان پمپ برابر ۶۲ درصد باشد توان مورد نیاز پمپ چه میزان می باشد؟

P(Kw) = (50×59) / (367×0.62) = 12.96 Kw

با استفاده از منحنی پمپ نیز قادر خواهیم بود وضعیت را مشخص نمائیم.

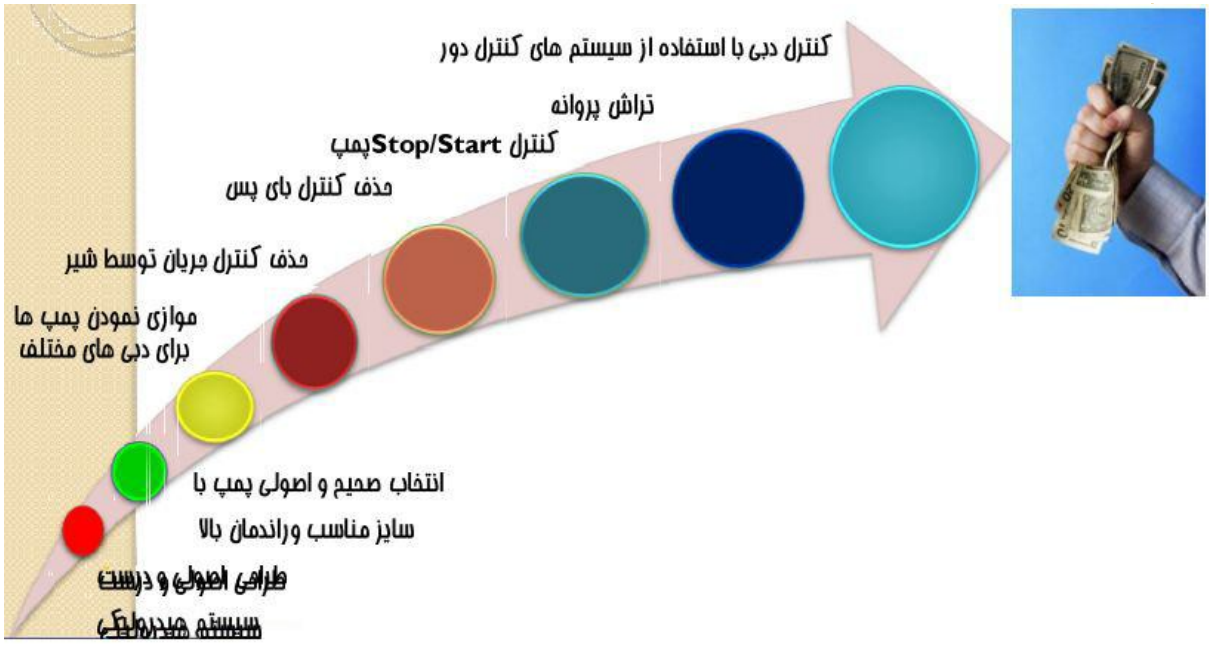
هزینه کارکرد موتور

$$\text{هزینه کارکرد موتور} = \frac{\text{هزینه } HP \times 0.746 \times hr \times 1\ kwh}{\text{بازده موتور}(\%)}$$

$$S = P \times C \times h \times Lf \times \left(\frac{1}{h2} - \frac{1}{h1}\right)$$

S: میزان صرفه جویی ریالی در سال
P: توان کاری موتور بر حسب kw
C: هزینه هر کیلو وات انرژی الکتریکی مصرفی بر حسب ریال
h: ساعت کارکرد موتور در سال
h1: بازدهی الکتروموتور موجود
h2: بازدهی الکتروموتور جدید

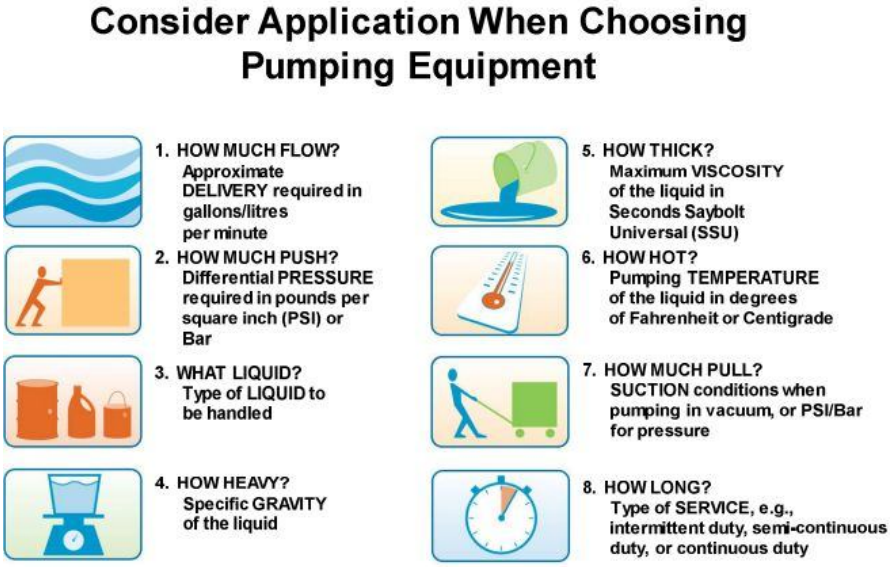
مهمترین روش های بهینه سازی مصرف انرژی در الکتروپمپ ها



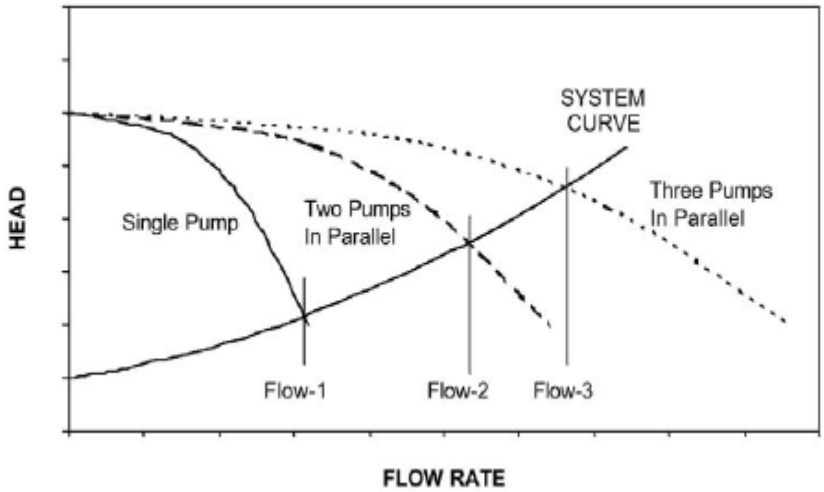
۱- طراحی صحیح سیستم هیدرولیکی

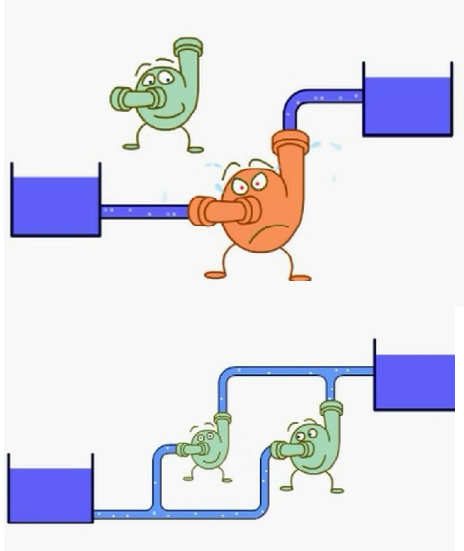
لوله کشی نامناسب پمپ در مکش باعث کاهش راندمان پمپ گشته و ممکن است با کاهش مقدار NPSHA موجب بروز کاویتاسیون شود.

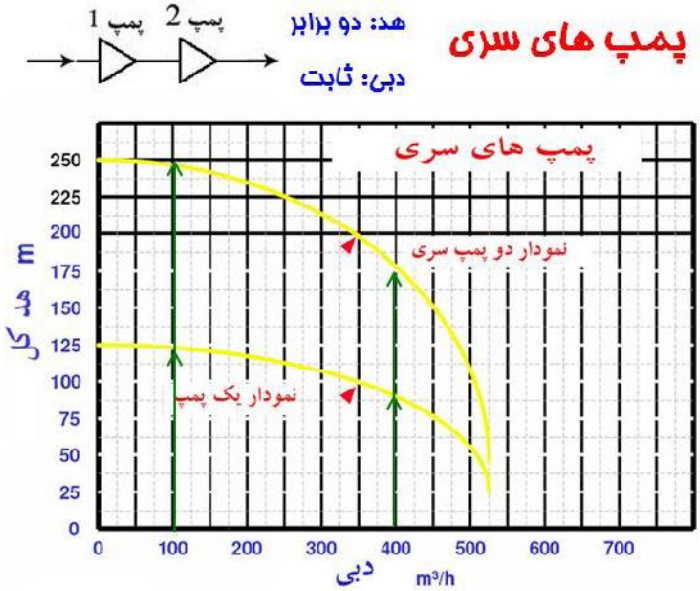
۲- انتخاب صحیح و اصولی پمپ

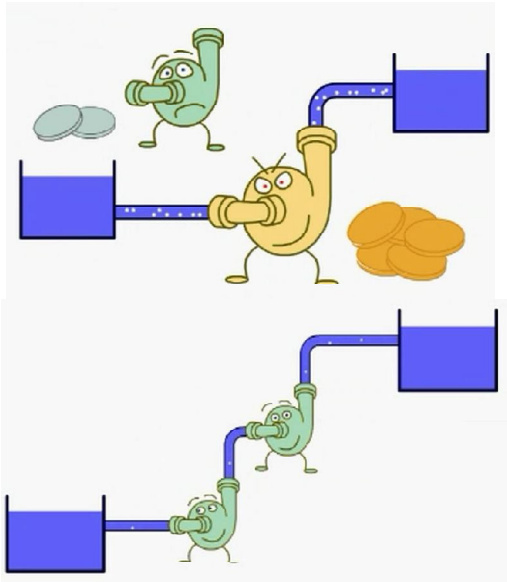


۳- موازی نمودن پمپ ها برای دبی های مختلف



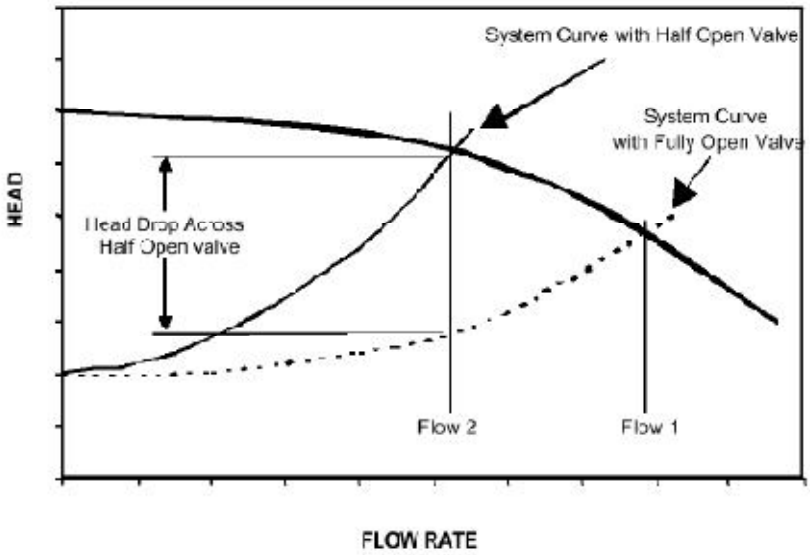




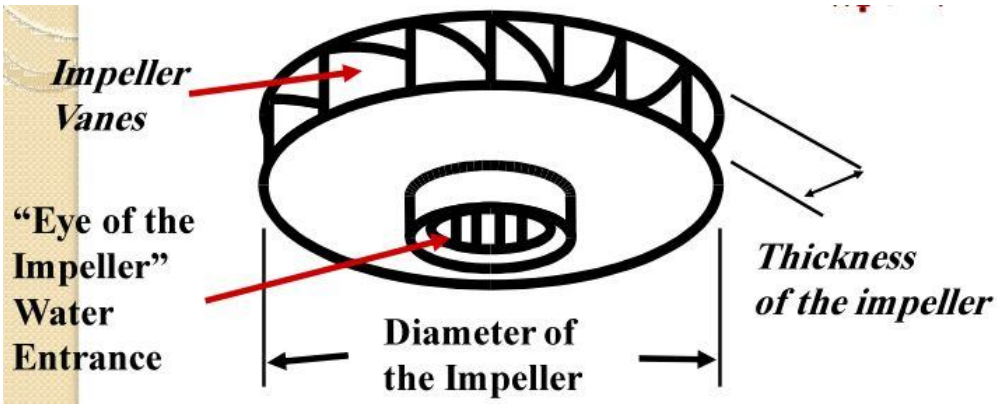


۴– حذف شیر کنترل جریان

•Closing/opening discharge valve (“throttling”) to reduce flow.
•Head increases: does not reduce power use.
•Vibration and corrosion: high maintenance costs and reduced pump lifetime.

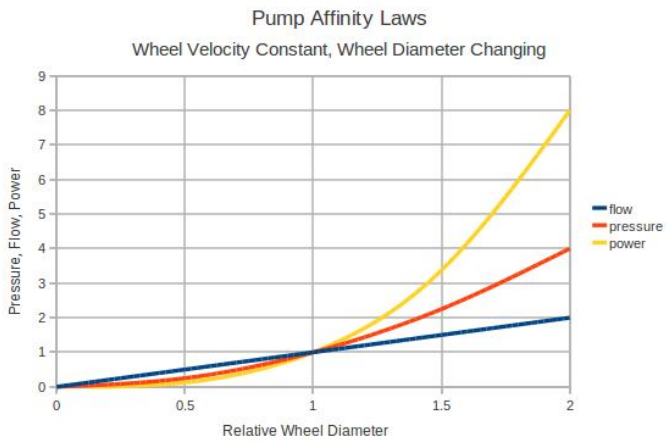


۷–تراش پروانه



•Thicker the Impeller- More Water
•Larger the DIAMETER - More Pressure
•Increase the Speed - More Water and Pressure

تغییرات دبی، فشار و توان با قطر خارجی پروانه ها:



توان مکانیکی پمپ با تغییر قطر خارجی پروانه به شدت تغییر می کند، لذا در شرایطی که جریان تخلیه شونده از پمپ (دبی) و هـد کل پمپ در هنگام استفاده به دلیل طراحی نامناسب بیش از میزان مورد نیاز باشد قسمتی از توان

تغییرات در قطر = تغییر در سرعت

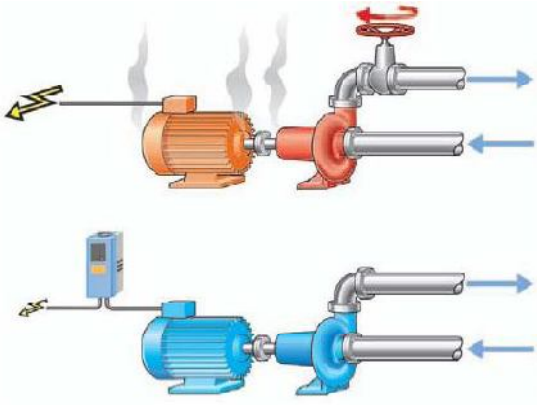
قوانین افینیتی:

$$H_2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 . H_1 \qquad Q_2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 . Q_1 \qquad P_2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4 . P_1$$

•Considerations

- •Cannot be used with varying flows
- •No trimming >25% of impeller size
- •Impeller trimming same on all sides
- •Changing impeller is better option but more expensive and not always possible

۸–کنترل دبی با استفاده از سیستم های کنترل دور



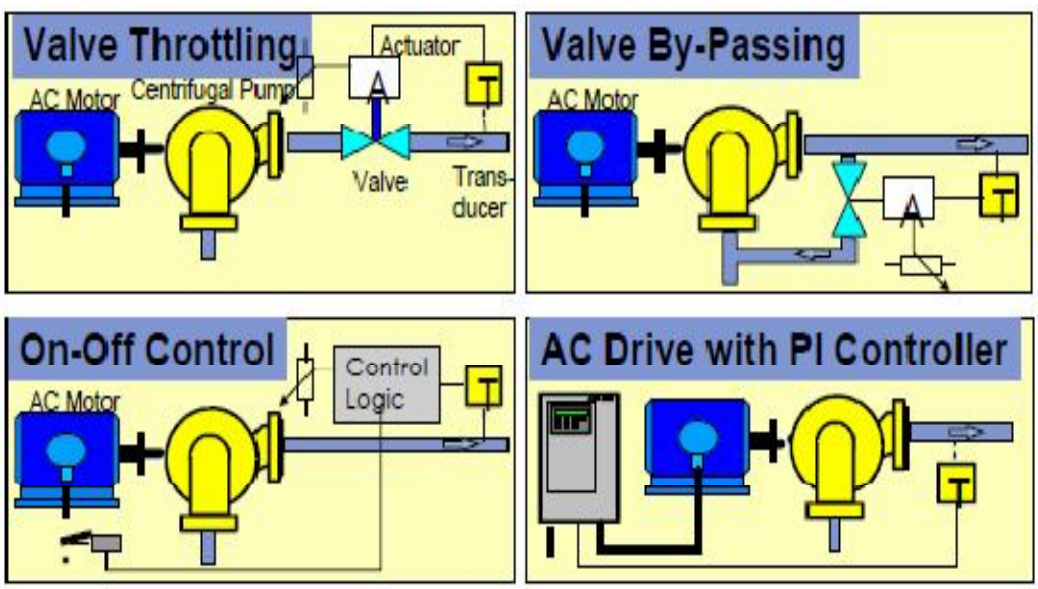
کاربرد اینورتر و صرفه جویی ناشی از به کار بردن کنترل دورها بحث مفصلی دارد.

Potential Area's of energy saving In Industries

- ✓ Fan
- ✓ Pump
- ✓ Compressor
- ✓ Plastic injection molding machine
- ✓ Mechanical press

روش های کنترل جریان فلو در پمپ های سانتریفیوژ

- ➢ کنترل با شیر دستی
- ➢ کنترل بای پاس
- ➢ کنترل روشن و خاموش
- ➢ کنترل کننده دور



“Types of Loads”

Loads can be grouped into two basic categories:

Constant Torque Loads

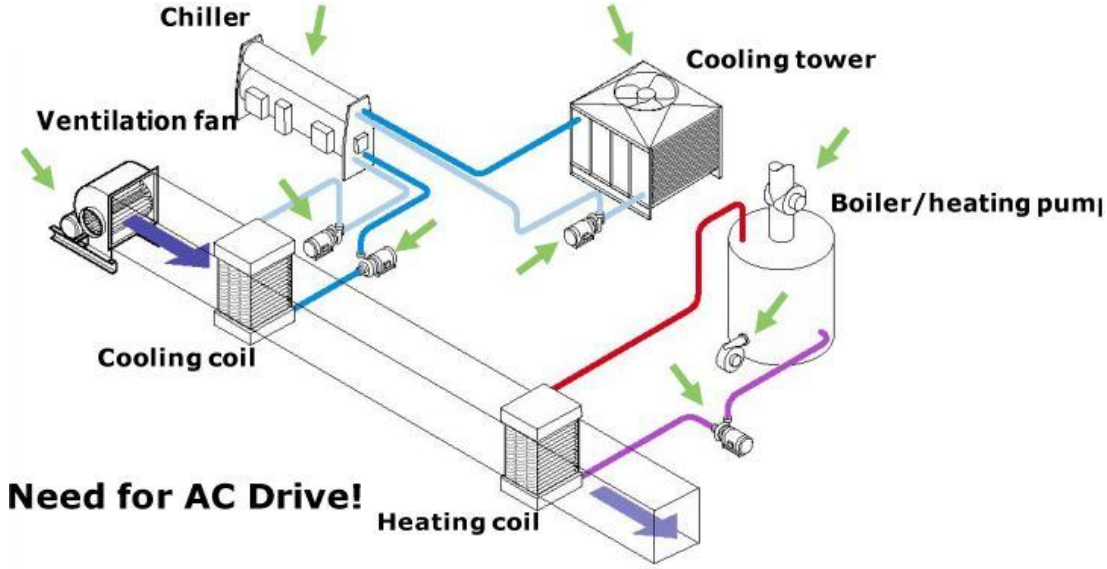
- Load does not change with speed
- Industrial loads like presses, conveyors, extruders, compressors, mills, etc.

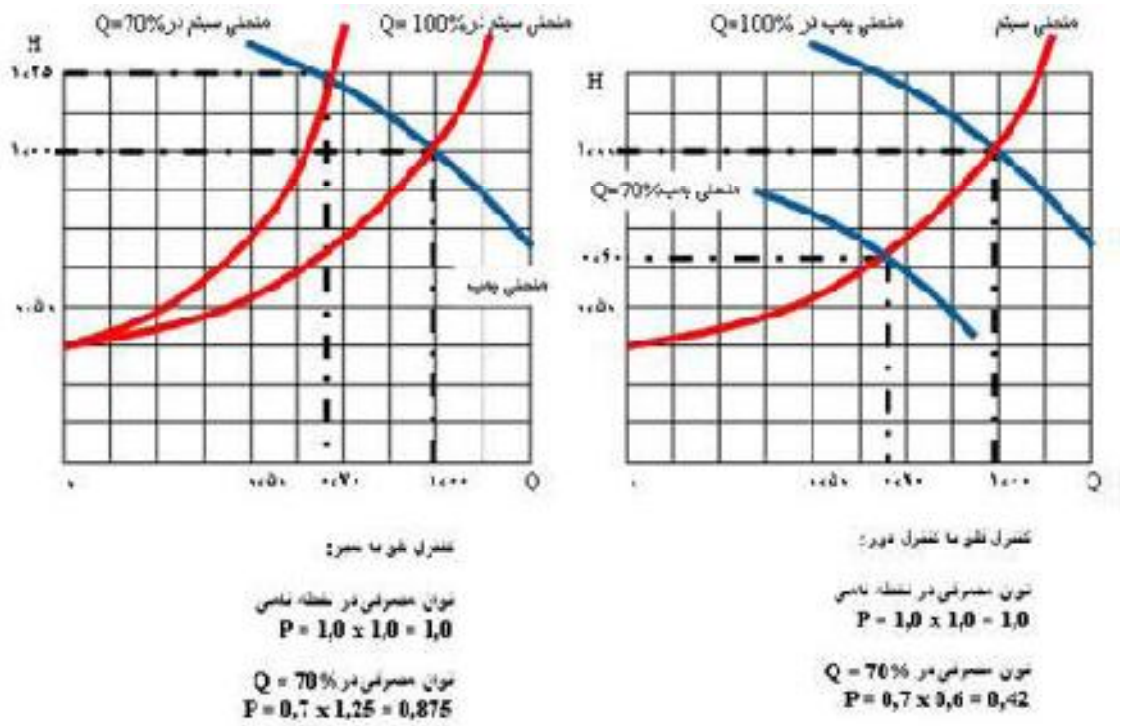
We buy VFD’s for these applications to control the process, Not to save energy.

Variable Torque Loads (Energy Savings Potential!)

- Load changes with speed
- HVAC, pumps and fans on industrial processes

Where are variable frequency drives used?

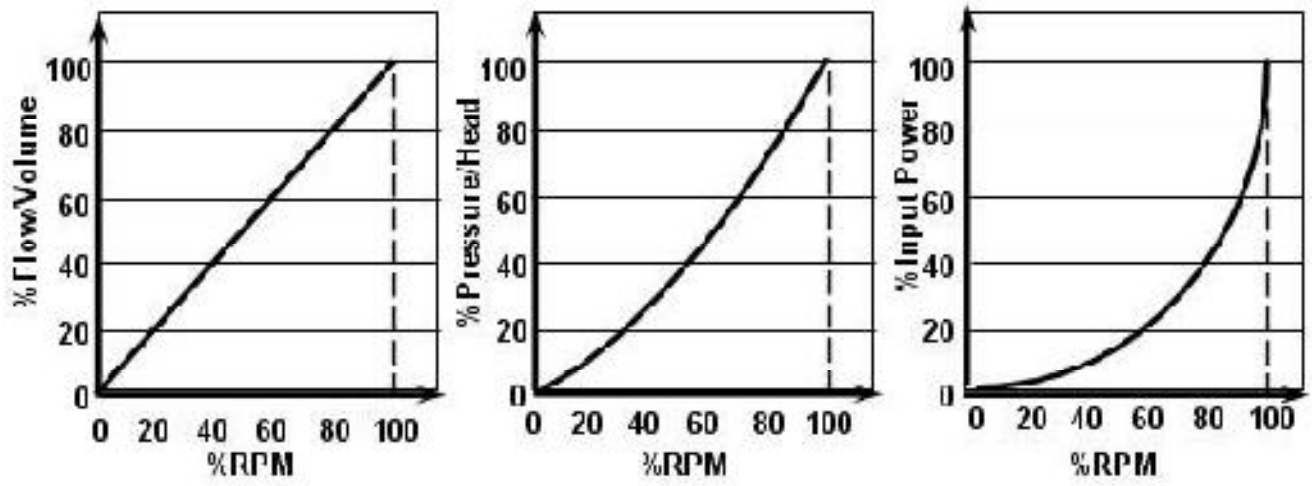




قوانین موجود و حاکم بر پمپ ها و فن ها

قوانین افینیتی در کاربردهای پمپ و فن های سانتریفیوژ پایه نظری صرفه جوئی انرژی با استفاده از درایو هستند.

$$Q_2 = \frac{N_2}{N_1}.Q_1 \qquad H_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2.H_1 \qquad P_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3.P_1$$



با افزایش سرعت یک پمپ هد، دبی و توان مصرفی آن افزایش می یابد.

$$Q_2 = \frac{N_2}{N_1}.Q_1 \qquad H_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2.H_1 \qquad P_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3.P_1$$

اگر سرعت پمپ دو برابر شود:

دبی پمپ ۲ برابر و هد آن ۴ برابر می شود و توان مصرفی آن ۸ برابر می شود.

مثال:

پمپ 3LPF 65-250/37 درصورتیکه با موتور ۲۹۰۰ rpm کوپل شود در نقطه بهترین راندمان دارای مشخصات زیر خواهد بود:

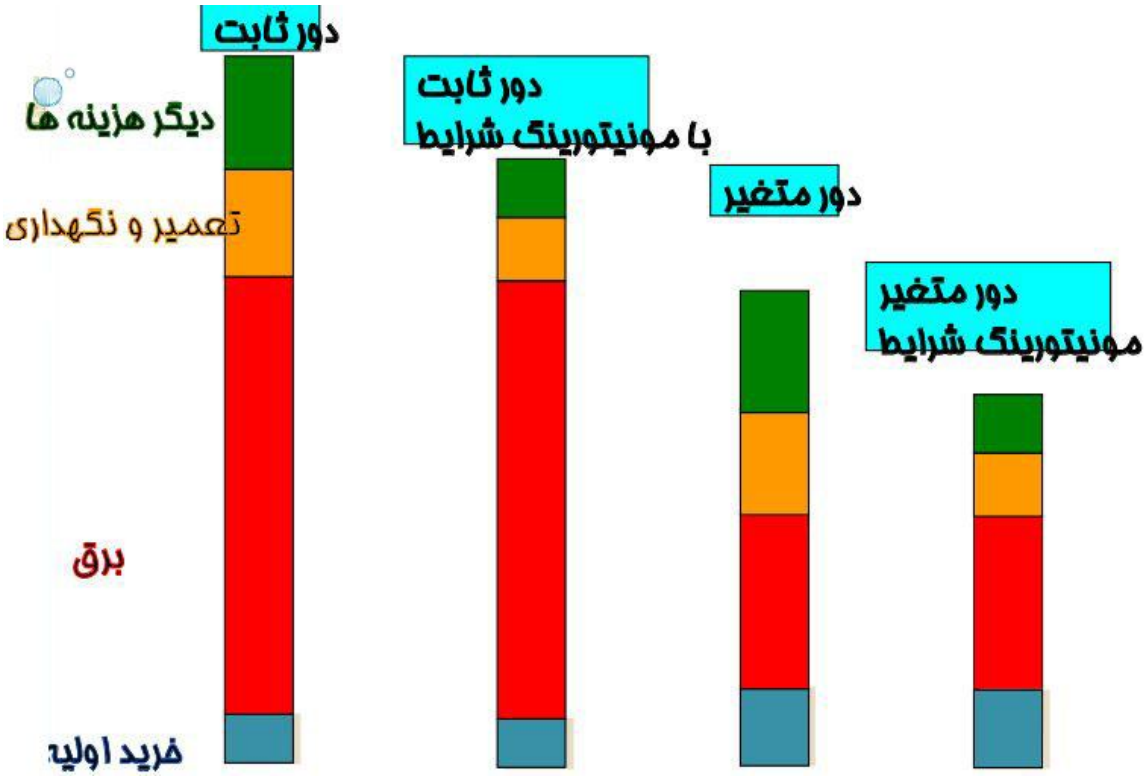
$H_1 = 75m$, $Q_1 = 120m3/h$, $P_1 = 32kw$

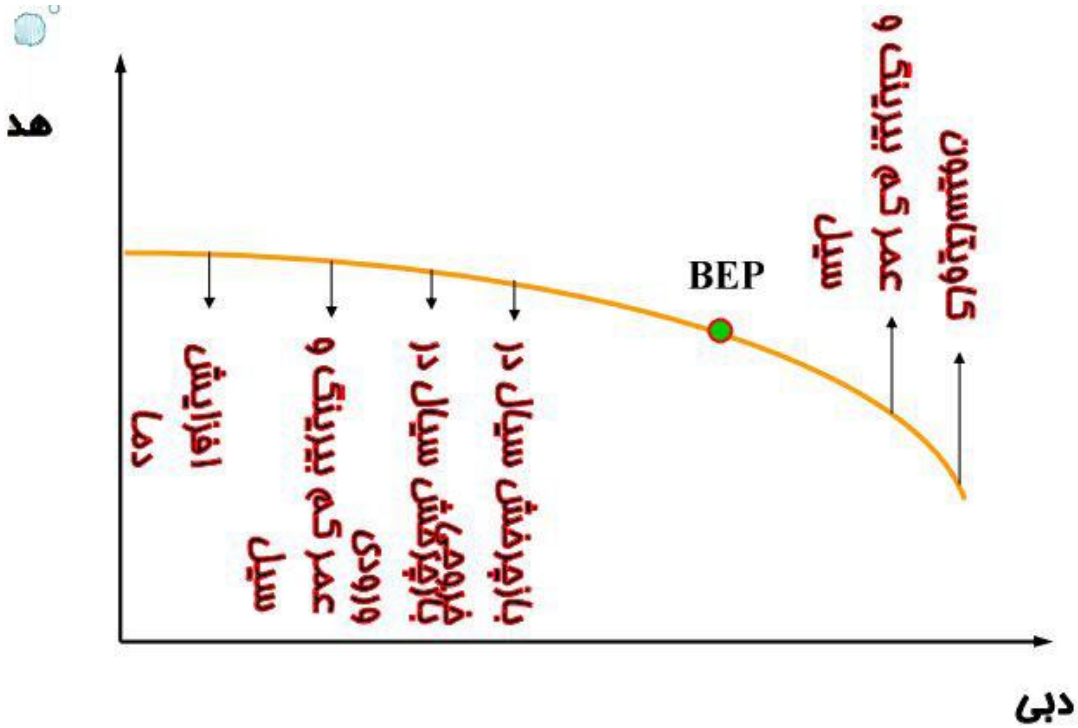
در صورتی که پمپ فوق با موتور ۱۴۵۰ rpm کوپل شود مقادیر دبی، هد و توان جذبی آن چقدر خواهد بود؟

$$Q_2 = 0.5 \times 120 = 60\ m3/h$$

$$\frac{N2}{N1} = \frac{1450}{2900} = 0.5 \Rightarrow H_2 = 0.5^2 \times 75 \approx 19m$$

$$P_2 = 0.5^3 \times 32 = 4kw$$



Energy Efficiency Opportunities

Parameter	Change control valve	Trim impeller	VFD
Impeller diameter	430 mm	375 mm	430 mm
Pump head	71.7 m	42 m	34.5 m
Pump efficiency	75.1%	72.1%	77%
Rate of flow	80 m3/hr	80 m3/hr	80 m3/hr
Power consumed	23.1 kW	14 kW	11.6 kW