بنام خدا

بهینه سازی و صرفه جویی انرژی الکتریکی در ساختمان

علی فارسی

عضو هیات علمی مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی

سازمان نظام مهندسی
استان آذربایجان شرقی

عنوان سرفصل	مطالب
روشنایی (استفاده از لامپهای کم مصرف و سایر تجهیزات نوین)	روشنایی ــ منابع روشنایی ــ بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم روشنایی
برنامه ریزی وکنترل روشنایی	کنترل روشنایی داخلی و بیرونی
کنترل سیستم های مکانیکی در جهت صرفه جویی در مصرف انرژی	کنترل پمپها، فنها، کنترل هوشمند موتورخانه
مدیریت بار و انرژی	بهینه سازی مصرف انرژی درموتورها – استفاده از هیت پمپ – تعرفه ها
طراحی تابلوهای برق و نحوه تغذیه سیستمهای الکتریکی	تلفات سیم کشی – تفکیک بارها برای کنترل – تعادل بار – خازنگذاری – لوازم اندازه گیری

چند نکته در مورد دوره مجازی

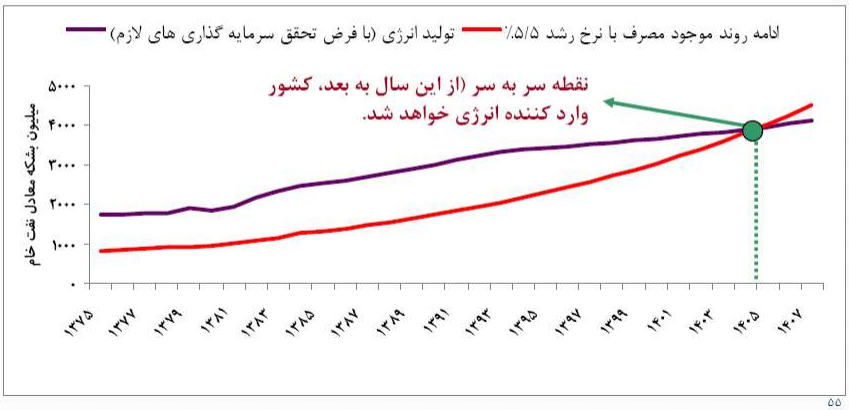
- قبل از آغاز کلاس، دوستان خودشان را در قسمت **Chat** معرفی بفرمایند.
  - با نوشتن مدرک تحصیلی – محل کار یا فعالیتی که انجام می دهند.
  - برای اینکه در تایپ فارسی مشکلی پیش نیاید، لازم است تا به جای حرف "ی" از **X** **Shift** استفاده نمایید.
- در طول برگزاری کلاس، سئوالاتی مطرح می شود که می توانید از ابزار **Chat** برای پاسخگویی استفاده نمایید. البته اگر پاسخ مفصل بود، می توانید از میکروفن استفاده نمایید. برای اینکار کافیست، از ابزار **hand rise** استفاده نمایید.
- در صورتیکه سئوالی داشتید، می توانید از **Chat** یا ارتباط صوتی (با **hand rise**) استفاده فرمایید.

اهمیت مدیریت انرژی در کشور

- مطابق برآوردهای انجام شده، کل انرژی مصرفی کشور در سال ۱۳۷۱ بیش از ۱۲ میلیارد دلار بوده است .
- در سال ۱۳۸۱ این مقدار بالغ بر ۲۰ میلیارد دلار شده
- پیش بینی می شود که چنانچه روند مصرف انرژی به همین گونه ادامه یابد، در سال ۱۴۰۵ میزان مصرف انرژی در کشور با میزان تولید آن برابر شده و لذا دیگر توانی برای صادرات انرژی وجود نداشته باشد.

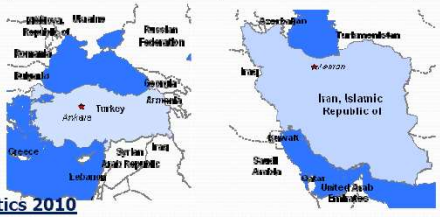
نقطه سر به سر تولید و مصرف انرژی ایران

ادامه روند فعلی باعث خواهد شد که تا سال ۱۴۰۴ مصرف داخل از کل عرضه انرژی کشور فراتر رفته و هیچگونه امکان صادرات نخواهد بود و لذا نه تنها به اهداف مصوب در سند چشم انداز نخواهیم رسید بلکه یکی از واردکنندگان اصلی حاملهای انرژی در جهان خواهیم بود.



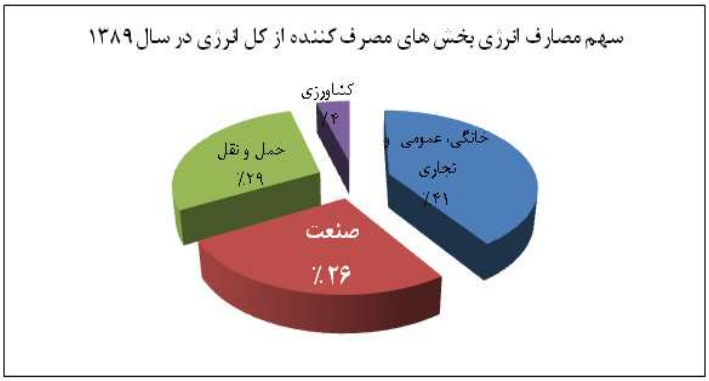
مقایسه شاخص های انرژی در ایران و ترکیه در سال ۲۰۰۸

شاخص	جمهوری اسلامی ایران	ترکیه	واحد
جمعیت	۷۲	۷۱	میلیون نفر
تولید ناخالص داخلی	۱۶۰	۳۷۶	میلیارد دلار
مصرف انرژی اولیه	۲۰۲	۹۸	میلیون تن معادل نفت خام
شدت انرژی اولیه	۱۲۶۲	۲۶۰	تن معادل نفت خام به میلیون دلار
مصرف سرانه	۲/۸۱	۱/۳۹	تن معادل نفت خام به ازای هر نفر

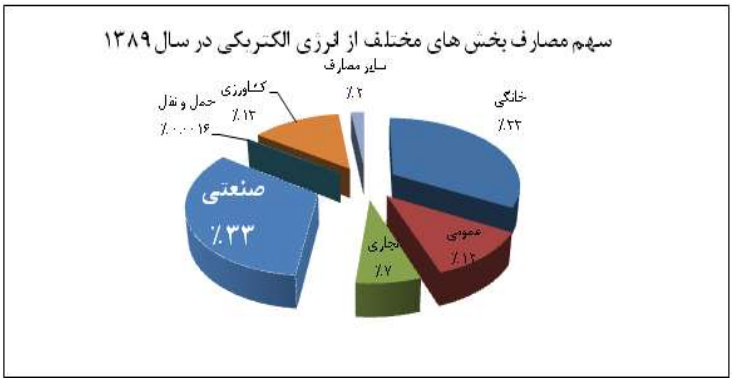


IEA, key World Energy Statistics 2010

سهم انواع مصارف از انرژی



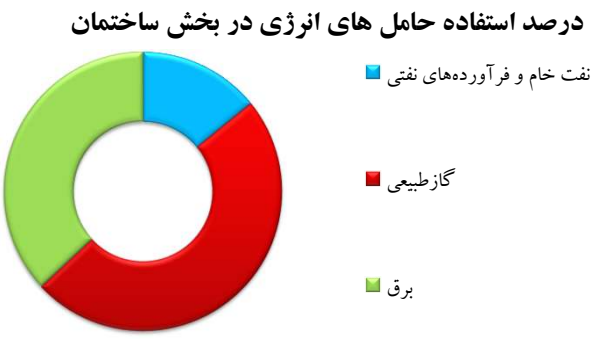
سهم انواع مصارف از انرژی الکتریکی



انرژی مصرفی در ساختمان

- بر اساس نوع حامل انرژی
  - سوخت
  - برق
- بر اساس مصرف کنندگان
  - روشنایی
  - گرمایش و سرمایش
  - آبگرم
  - لوازم خانگی
  - تاسیسات الکتریکی و مکانیکی

وضعیت مصرف انرژی در ایران



۱۰

متوسط هزینه سالانه انرژی خانوارهای شهری و سهم آن در مجموع هزینه های خانوار در سال ۱۳۸۹

شرح	کل هزینه‌ها	هزینه‌های خوراکی	هزینه‌های غیرخوراکی	هزینه انرژی			
				برق (۱)	گاز (او۲)	سایر	کل
متوسط کل خانوارها							
مبلغ (هزار ریال)	۱۱۳۶۷۷/۵	۲۵۰۱۸/۴	۸۵۲۶۹/۴	۸۷۹/۹	۱۱۱۰/۱	۱۳۹۹/۷	۳۳۸۹/۷
درصد	۱۰۰/۰	۲۲/۰	۷۵/۰	۰/۸	۱/۰	۱/۲	۳/۰
دهک‌های هزینه :							
دهک اول	۱۰۰/۰	۳۷/۵	۵۸/۶	۱/۵	۱/۷	۰/۷	۳/۸
دهک دوم	۱۰۰/۰	۳۰/۹	۶۵/۹	۱/۲	۱/۳	۰/۷	۳/۲
دهک سوم	۱۰۰/۰	۳۰/۰	۶۶/۶	۱/۰	۱/۳	۱/۰	۳/۳
دهک چهارم	۱۰۰/۰	۲۷/۹	۶۸/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۰	۳/۲
دهک پنجم	۱۰۰/۰	۲۷/۵	۶۹/۳	۰/۹	۱/۱	۱/۲	۳/۲
دهک ششم	۱۰۰/۰	۲۵/۵	۷۱/۳	۰/۹	۱/۱	۱/۲	۳/۳
دهک هفتم	۱۰۰/۰	۲۳/۹	۷۳/۰	۰/۸	۱/۰	۱/۳	۳/۲
دهک هشتم	۱۰۰/۰	۲۲/۶	۷۴/۴	۰/۷	۰/۹	۱/۳	۳/۰
دهک نهم	۱۰۰/۰	۲۰/۰	۷۷/۰	۰/۷	۰/۹	۱/۴	۳/۰
دهک دهم	۱۰۰/۰	۱۴/۶	۸۲/۸	۰/۵	۰/۸	۱/۲	۲/۶

مأخذ: مرکز آمار ایران، دفتر جمعیت، نیروی کار و سرشماری .

۱) هزینه‌های مربوط به جریمه و وصل مجدد را شامل نمی‌شود.

۲) شامل گاز مصرفی اتومبیل‌ها نمی‌گردد و تنها گازطبیعی و گاز مایع مصرفی خانوار را در بر می‌گیرد.

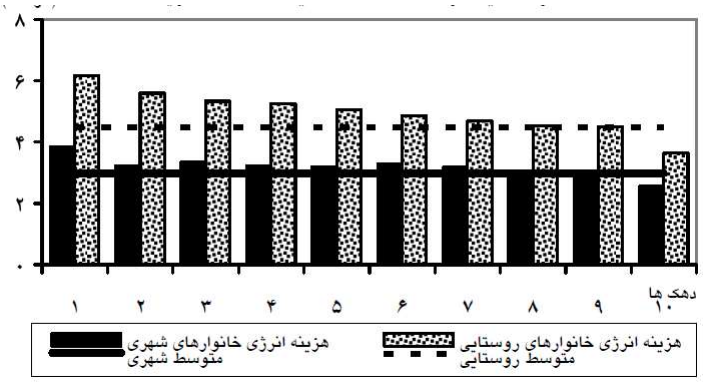
متوسط هزینه سالانه انرژی خانوارهای روستایی و سهم آن در مجموع هزینه های خانوار در سال ۱۳۸۹

شرح	کل هزینه‌ها	هزینه‌های خوراکی	هزینه‌های غیرخوراکی	هزینه انرژی			
				برق[۱]	گاز[۱ و ۲]	سایر	کل
متوسط کل خانوارها							
مبلغ (هزار ریال)	۶۸۴۷۷/۲	۲۵۵۴۹/۸	۴۲۹۲۷/۴	۶۳۳/۰	۸۸۵/۹	۱۵۵۰/۱	۳۰۶۹/۰
درصد	۱۰۰/۰	۳۷/۳	۶۲/۷	۰/۹	۱/۳	۲/۳	۴/۵
دهک‌های هزینه :							
دهک اول	۱۰۰/۰	۴۷/۳	۴۶/۵	۱/۷	۲/۲	۲/۳	۶/۲
دهک دوم	۱۰۰/۰	۴۷/۶	۴۶/۸	۱/۵	۱/۸	۲/۳	۵/۶
دهک سوم	۱۰۰/۰	۴۶/۳	۴۸/۳	۱/۳	۱/۷	۲/۳	۵/۳
دهک چهارم	۱۰۰/۰	۴۴/۵	۵۰/۳	۱/۲	۱/۶	۲/۴	۵/۳
دهک پنجم	۱۰۰/۰	۴۳/۳	۵۱/۶	۱/۲	۱/۶	۲/۲	۵/۱
دهک ششم	۱۰۰/۰	۴۲/۰	۵۳/۲	۱/۱	۱/۴	۲/۳	۴/۸
دهک هفتم	۱۰۰/۰	۳۹/۵	۵۵/۹	۱/۰	۱/۴	۲/۳	۴/۷
دهک هشتم	۱۰۰/۰	۳۷/۶	۵۷/۹	۰/۹	۱/۳	۲/۳	۴/۵
دهک نهم	۱۰۰/۰	۳۴/۹	۶۰/۷	۰/۸	۱/۳	۲/۴	۴/۵
دهک دهم	۱۰۰/۰	۳۰/۵	۶۵/۹	۰/۶	۱/۰	۲/۱	۳/۶

مأخذ: مرکز آمار ایران، دفتر جمعیت، نیروی کار و سرشماری.

۱) هزینه‌های مربوط به جریمه و وصل مجدد را شامل نمی‌شود.

سهم هزینه انرژی از کل هزینه خانوارهای شهری و روستایی در سال ۱۳۸۹ به تفکیک دهک های هزینه



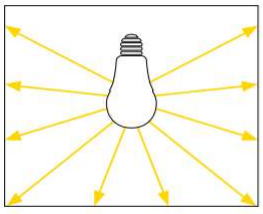
بهینه سازی انرژی در سیستم روشنایی

مفهوم شار نوری (لومن) و شدت روشنایی (لوکس)

- شار نوری با واحد لومن میزان نوری است که یک منبع نوری تولید می کند
- شدت روشنایی با واحد لوکس میزان شار نوری است که به واحد سطح می رسد.

$$\text{Illuminance: } E(lx) = \frac{\text{luminous flux (lm)}}{\text{area (m}^2\text{)}}$$

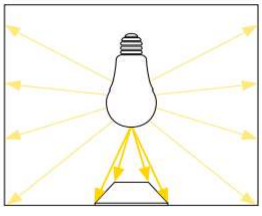
Luminous flux Φ



Lumen [lm]

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

Illuminance E



Lux [lm/m²]=[lx]

... مبانی صرفه جویی انرژی الکتریکی در سیستم های روشنایی

- استفاده حداکثر از روشنایی روز
  - ملاحظات معماری و طرح روشنایی مناسب
  - چینش صحیح لوازم و تجهیزات
  - ایجاد امکان کلید زنی
- تنظیم شدت روشنایی بر اساس استاندارد ملی روشنایی

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

... مبانی صرفه جویی انرژی الکتریکی در سیستم های روشنایی

- استفاده از روشنایی موضعی
- استفاده از منابع روشنایی (لامپها) با بازده بالا
- استفاده از چراغ مناسب
- انتخاب منابع روشنایی مناسب با لحاظ نمودن نوع کاربری محیط

روزهای کلاس بهینه سازی

- یکشنبه
- سه شنبه
- پنج شنبه

... مبانی صرفه جویی انرژی الکتریکی در سیستم های روشنایی

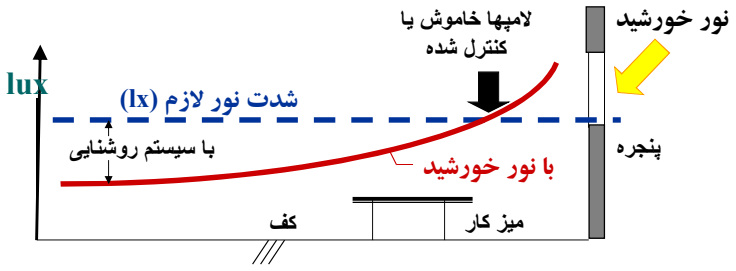
- استفاده از تجهیزات کنترل
  - استفاده از تجهیزات کنترل پیوسته شدّت روشنایی نظیر دیمر
  - استفاده از تجهیزات کنترل زمان استفاده از روشنایی نظیر سنسورهای حضور، فتوسل، تایمر
  - نصب کلیدهای چند گانه جهت کنترل روشنایی

... مبانی صرفه جویی انرژی الکتریکی در سیستم های روشنایی

- افزایش ضریب بهره با بهبود ضریب شکل اتاق و عوامل محیطی
  - ارتفاع نصب چراغ
  - رنگ دیوار، سقف و کف
- نگهداری صحیح و تمیز کاری به موقع با توجه به آلودگی محیط
- انتخاب سیستم سیم کشی مناسب با هد ف کاهش تلفات
- استفاده از خازن اصلاح ضریب قدرت با هدف کاهش تلفات و هزینه برق مصرفی.

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

استفاده حداکثر از روشنایی روز



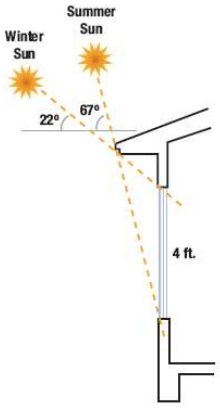
استفاده حداکثر از روشنایی روز

- استفاده حداکثر از روشنایی روز
  - عدم استفاده از شیشه های دودی و رفلکس (بویژه در ضلع شمالی)
  - تغییر در چینش میزهای کار در صورت کار با کامپیوتر (عمود بر پنجره)
  - پیش بینی کلید مجزا برای روشنایی نزدیک پنجره ها
  - ملاحظات معماری و طرح روشنایی مناسب

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

استفاده حداکثر از روشنایی روز

- استفاده از سایه بان با طول و مکان مناسب با توجه به زاویه خورشید در تابستان و زمستان
  - طول سایه بان بایستی به اندازه ای باشد که
    - در تابستان جلوی تابش مستقیم به داخل را بگیرد. (حداقل کردن بار سرمایشی)
    - در زمستان حداکثر استفاده از تابش مستقیم را داشته باشیم. (استفاده حداکثری از حرارت خورشید)



شدت روشنایی استاندارد ایران در ادارات

کاربری	حداقل	پیشنهادی
تمام کارهای عمومی	۲۰۰	۵۰۰
ماشین نویسی و محل دیکته کردن	۳۰۰	۶۰۰
حسابداری و ماشینهای حساب و اندیکاتور نویسی	۳۰۰	۶۰۰
بایگانی	۱۰۰	۲۰۰
اطاق نقشه کشی	۵۰۰	۱۰۰۰
اطاق کنفرانس	۲۰۰	۵۰۰
اطاق انتظار و اطلاعات	۱۵۰	۵۰۰
پلکان	۱۰۰	۱۵۰
راهرو، سرسرا و آسانسور	۵۰	۱۵۰
توالت، دستشویی	۵۰	۱۰۰

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

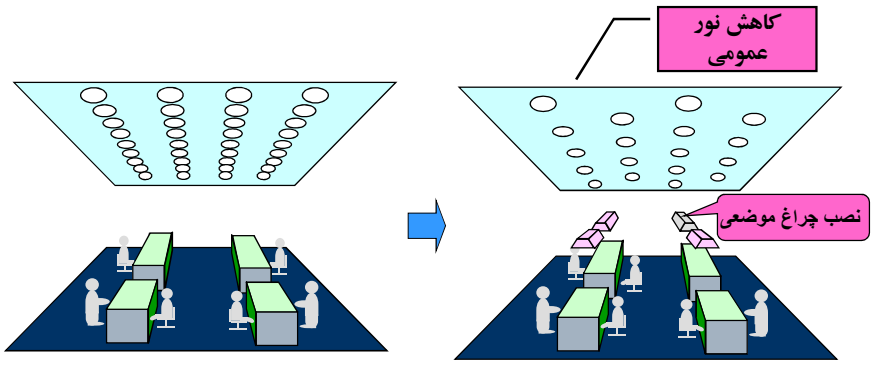
شدت روشنایی استاندارد ایران در محلهای مسکونی

محل	حداقل	پیشنهادی
محلهای مسکونی:		
اطاق نشیمن و پذیرایی	۷۰	۲۰۰
اطاق مطالعه(نوشتن و خواندن کتاب و مجله و روزنامه)	۱۵۰	۵۰۰
آشپزخانه(ظرفشویی، اجاق و میز کار)	۱۰۰	۲۰۰
اطاق خواب:		
روشنایی عمومی	۵۰	۱۰۰
روشنایی تخت خواب و میز توالت	۲۰۰	۵۰۰
حمام:		
روشنایی عمومی	۵۰	۱۰۰
آیینه(برای اصلاح صورت)	۲۰۰	۵۰۰
پلکان	۱۰۰	۱۵۰

نتایج حاصل ازروشنایی نامناسب

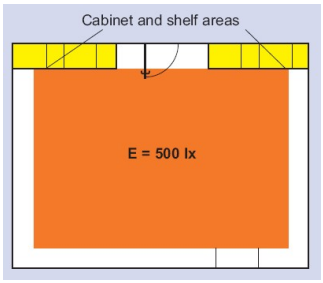
- ایجاد سستی وخستگی
- فقدان راحتی وشادابی
- کاهش کارآیی چشم انسان
- کاهش سطح تولید
- کاهش توانمندی اقتصادی

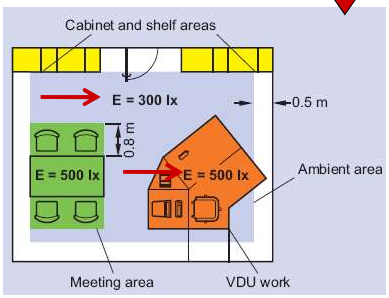
استفاده از روشنایی موضعی (Task-Ambient lighting)

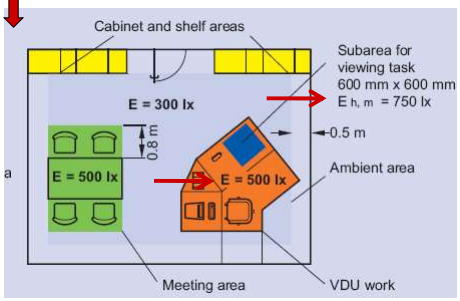


شدت روشنایی وابسته به موقعیت

- تمامی اتاق دارای روشنایی یکسان
- شدت روشنایی عمومی کمتر از نواحی مورد استفاده
- سطح کاری اصلی دارای روشنایی بیشتر نسبت به نواحی عمومی و مورد استفاده







منابع روشنایی با بازده بالا

۱- لامپهای فلورسنت نسل جدید

۲- لامپهای کم مصرف (فلورسنت فشرده یا CFL)

۳- لامپهای LED

٤- لامپهای LED نسل جدید (COB , SMD)

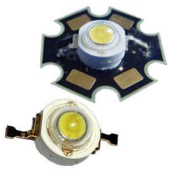
٦- لامپهای تخلیه ای متال هلاید

۷- لامپهای تخلیه ای سدیمی فشاربالا

۸- لامپهای تخلیه ای سدیمی فشار پایین

۹- لامپهای جیوه ای فشار بالا

انواع لامپ های روشنایی



LEDلامپ

لامپ هالوژن

لامپ فلورسنت

لامپ التهابی – رشته ای

لامپ متال هالاید

لامپ سدیمی

لامپ جیوهای

لامپ فلورسنت مهتابی T8

- قطر تیوپ این نوع لامپ ۲۶ mmاست که در مقایسه با لامپ فلورسنت با قطر تیوپ ۳۲ mm، 10%انرژی کمتری مصرف می کند .
- برای محیط زیست مضر نیست و مواد موجود در آنها به طبیعت بر می گردد .
- دارای ضریب نمود رنگ Ra>80عالی هستند .
- شار نوری بعد از ۱۰۰۰۰ ساعت کار فقط به میزان ۸٪ کم می شود.

مشخصات	لامپ فلورسنت معمولي ۴۰ وات	لامپ فلورسنت معمولي ۳۶وات	لامپ فلورسنت تراي بند ۳۶وات
شار نوري(لومن)	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۳۲۵۰
طول عمر متوسط لامپ (ساعت)	۱۳۰۰۰	۱۳۰۰۰	۱۵۰۰۰
قطر لامپ(ميليمتر)	۳۲	۲۶	۲۶
پايه لامپ	G13	G13	G13
افت شار نوري پس از ۴۰۰۰ ساعت	%۲۰	%۲۰	%۷
طول لامپ(ميليمتر)	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰
شاخص نمود رنگ (CRI)	70<Ra<80	70<Ra<80	80<Ra<90
بازده(لومن بر وات)	۶۲.۵	۶۹.۵	۹۰

لامپهای FPL یا TCL

FPL 37W

Medel	Wattage (w)	Voltage (v)	Current (MA)	Lumens (LA)	Life	Colortemperatare (K)	Cap	Ra	A (mm)	B (Mm)	C (mm)	φ (mm)
PL-L	36	106	435	1980	≥6000	6500	2G11	≥78	410	417	37	17

FPL 55W

Medel	Wattage (w)	Voltage (v)	Current (MA)	Lumens (LA)	Life	Colortemperatare (K)	Cap	Ra	A (mm)	B (Mm)	C (mm)	φ (mm)
PL-L	55	101	550	3025	≥6000	2700-6500	2G11	≥78	530	537	37	17

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

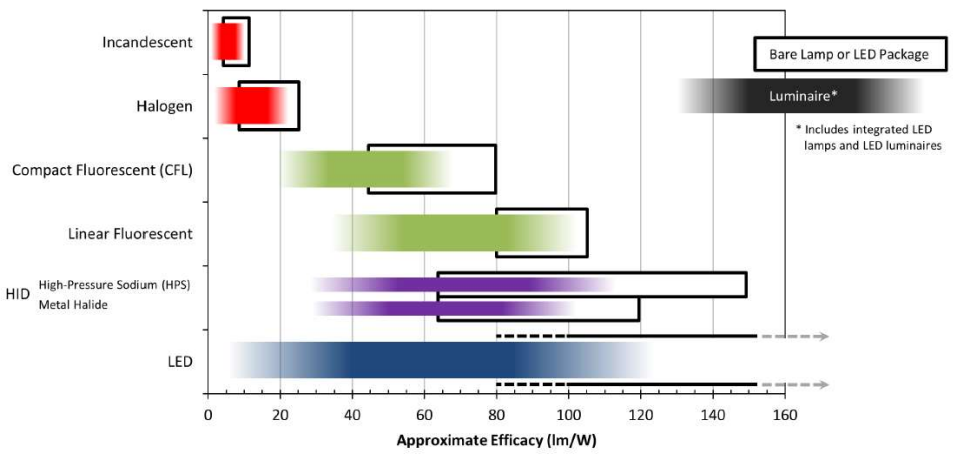
لامپ فلورسنت مهتابی T5

- قطر تیوپ 16mm است و بهره ی نوری آن ها بسیار بالاست .
- این لامپ ها را برای کار با تجهیزات الکتریکی مدرن طراحی کرده اند و بازدهی آن ها نسبت به T8 تا ۲۰٪ بیشتر است.
- طول عمر متوسط این لامپ ۲۰۰۰۰ ساعت می باشند .
- برخلاف T8 ها که در دمای ۲۵ درجه به شار نوری ماکزیمم خود می رسند ، شار نوری T5 ها در دمای ۳۵ درجه ماکزیمم می شود .

مقایسه مشخصات انواع لامپ ها

نوع لامپ	لومن خروجی Lm	بازده Lm/w	طول عمر (ساعت)	مصرف چوک %(توان لامپ)	امکان تعویض یا جایگزینی
التهابی معمولی	10~50000	7~22	780~4000	_	نامحدود
التهابی هالوژنه	300~4000	14~22	2000~6000	_	نامحدود
فلورسنت عادی	900~12000	30~90	7000~20000	5~20	محدود
کم مصرف	250~1800	25~70	10000	3~8	نامحدود
LED	60~20000	30~200	50000~100000	-	محدود
بخارجیوه	1200~60000	35~65	24000	8~50	محدود
متال هلاید	4000~160000	70~130	5000~20000	7~30	محدود
سدیمی فشاربالا	2000~50000	50~150	10000~24000	10~35	محدود
سدیمی فشار پایین	1800~35000	100~190	18000	20	محدود

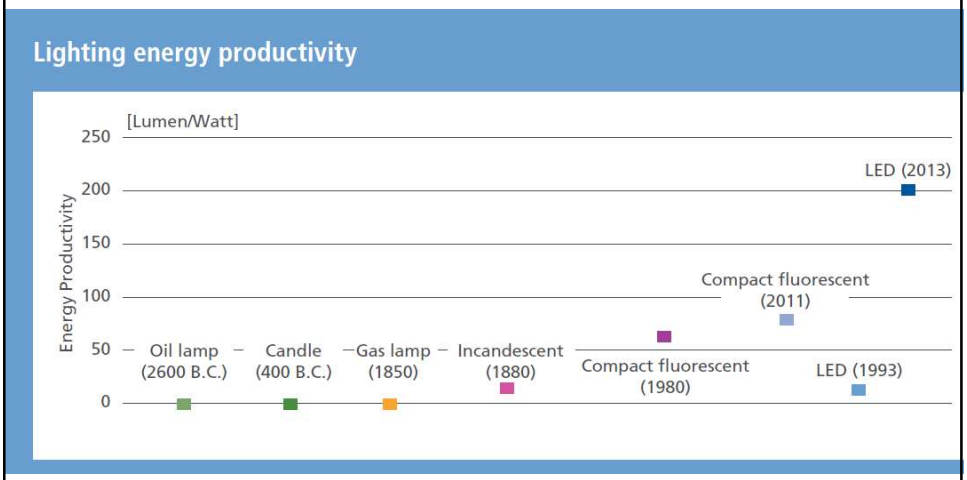
مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی



... مقایسه مشخصات انواع لامپ ها

نوع لامپ	کاربرد دیمر	اندیس رنگ دهی	بازده زمانی راه اندازی	ضریب توان	اغتشاشات الکترومغناطیسی
التهابی معمولی	نامحدود	۱۰۰	لحظه ای	–	ندارد
التهابی هالوژنه	نامحدود	۱۰۰	لحظه ای	–	ندارد
فلورسنت عادی	نیازبه بالاست خاص	۹۵~۵۰	یک تاچندثانیه	متناسب با بالاست	وجود دارد
کم مصرف	محدود	۸۵~۶۰	یک تاچندثانیه	متناسب با بالاست	وجود دارد
بخارجیوه	محدود تا ۵۰٪	۵۰~۴۰	۴الی ۸ دقیقه	متناسب با بالاست	ندارد
متال هاید	محدود تا ۵۰٪	۷۰~۶۰	۳الی ۱۰ دقیقه	متناسب با بالاست	ندارد
سدیمی فشاربالا	محدود تا۳۰٪	۸۵~۲۰	۵الی۱۰ دقیقه	متناسب با بالاست	ندارد
سدیمی فشارپایین	نامحدود	۲۰~	۷الی ۱۵ دقیقه	متناسب با بالاست	ندارد

بازده لامپها در گذر تاریخ



Reference: The 2015 energy productivity and economic prosperity index

لامپ فلورسنت، کم مصرف یا LED ؟

- لامپهای مهتابی برای بخش اداری هنوز هم قابل استفاده هستند.
  - گستره پخش نور زیاد
  - قیمت مناسب
  - اندیس رنگ دهی متنوع (از ۵۰٪ تا ۹۰٪)
  - چراغهای با بازده بالا (قابهای مهتابی آنودایز)
- عیب اصلی لامپهای مهتابی، عدم امکان کنترل شدت نور آنها بادیمر است.
  - این عیب نیز با ظهور لامپهای فلورسنت T5 و FPL رفع شده است. (با بالاست مخصوص)
- لامپهای کم مصرف همان لامپهای فلورسنت فشرده هستند که بالاست الکترونیکی سر خود دارند.

لامپ فلورسنت ، کم مصرف یا LED ؟

- مزیت بزرگ لامپهای LED طول عمر بسیار زیاد آنها است.
  - البته عمر لامپ تحت تاثیر عمر مدار الکترونیکی بی کیفیت آن می تواند بسیار کمتر شود.
- یکی از معایب لامپهای LED ارزان کیفیت پایین نور آنها می باشد.
  - یکی از دلایل کیفیت نور پایین، اندیس رنگ دهی پایین می باشد که به کیفیت ساخت LED بستگی دارد.
  - دلیل دیگر کیفیت نور پایین، نوسان نور تولیدی به واسطه اشکال در مدار الکترونیکی آن می باشد.
  - لامپهای SMD بر اساس اینکه از ترکیب چند LED رنگی تشکیل شده اند دارای اندیس رنگ دهی مناسبی هستند.

لامپ فلورسنت ، کم مصرف یا LED ؟

- در سالیان اخیر، بازدهی لامپهای LED به سرعت در حال افزایش است.
  - در حال حاضر لامپهای LED با بازدهی نوری حدود ۲۰۰ لومن بر وات نیز تولید شده است.
  - لیکن لامپهای موجود در بازار دارای بازدهی بسیار متنوعی می باشند (از ۵۰ تا ۱۵۰)
- در لامپهای جدید LED طراحی لامپها طوری است که پخش نور بسیار مطلوبی دارند. از این رو استفاده از لامپها برای مصارف عمومی کاملا مناسب خواست.
- برخی انواع لامپهای LED با توجه به زاویه باریک تابش برای اهداف نور پردازی کاملا مناسبند.
- استفاده از لامپهای LED در جاهاییکه به دلیل کلیدزنی زیاد مشکل سوختگی لامپها وجود دارد (مانند دستشویی)، مناسب است.
- یکی از کاربردهای لامپهای LED نور مخفی ساختمانهای مسکونی است.

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

نمونه هایی از لامپهای LED

محصولات ال ای دی بسیار متنوع هستند.
منابع نور ال ای دی ها در مقایسه یک به یک با منابع نور سنتی، دامنه کاربرد بسیار گسترده تری دارند.

نمونه هایی از لامپهای SMD

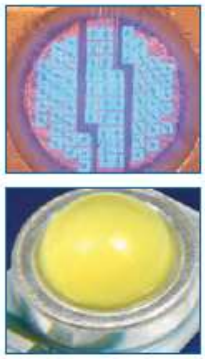
اجزای یک لامپ LED

ترکیب رنگها در لامپهای SMD برای تولید نور طبیعی

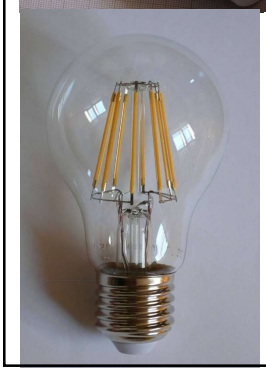
عکس ۲۰۰ بار بزرگ شده از داخل یک SMD 3528 LED RGB

این عکس داخل کشور گرفته شده

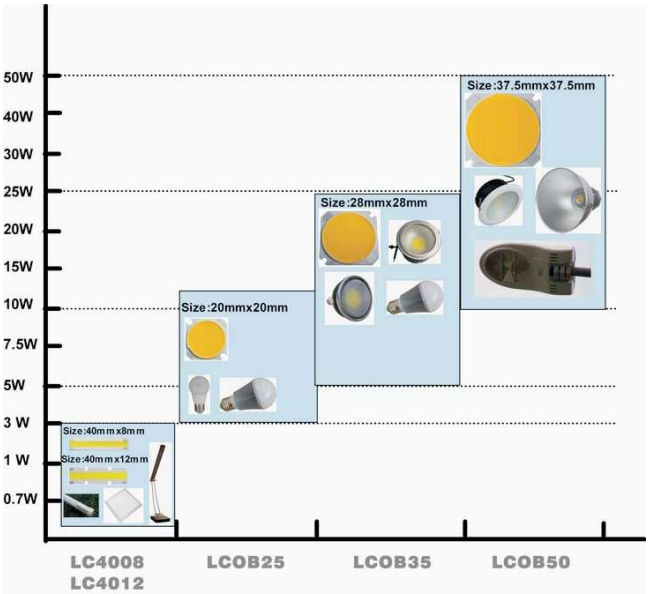
لامپهای COB



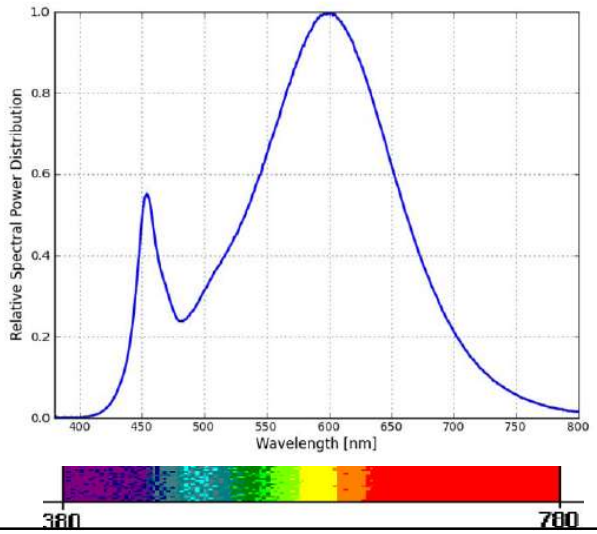
نمونه هایی از لامپهای LED جدید



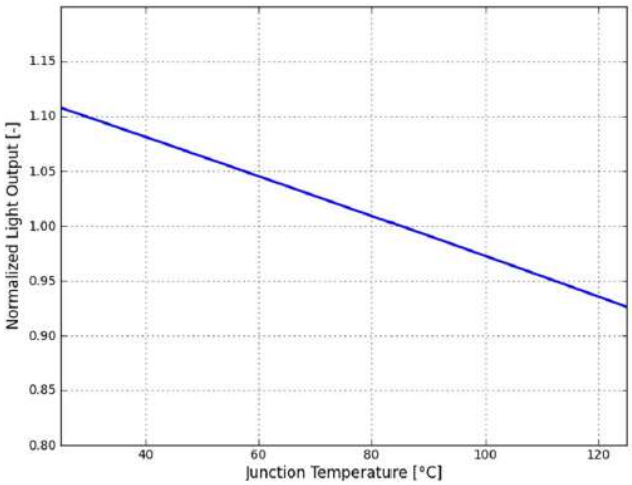
مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

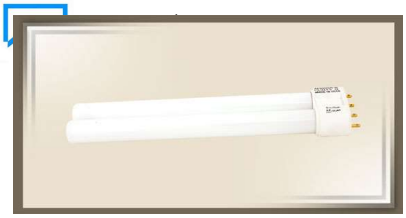


طیف نوری یک نمونه COB



تاثیر دما بر میزان نور تولیدی لامپهای COB





مشخصات لامپهای مهتابی جدید تولیدی یک شرکت داخلی (TCL)

نوع لامپ	دمای رنگ	اندیس رنگ دهی	توان (وات)	شدت نور (لومن)	حداقل عمر	لومن بر وات	
						لامپ	چراغ
FPL36W EX-D	6500	82	36	2700	8000	75	67.5
FPL 36W EX-W	4000	82	36	2900	8000	80.6	72.5
FPL 36W EX-WW	3000	82	36	2900	8000	80.6	72.5

چراغهای آنودایز برای لامپهای فلورسنت

مشخصات لامپهای کم مصرف تولیدی همان شرکت داخلی

نوع لامپ	دمای رنگ	ضریب رنگ دهی	توان (وات)	شذت نور (لومن)	حداقل عمر	لومن بر وات
						لامپ = چراغ
CFL/S.26W EX-D	6500	82	26	1600	8000	61.5
CFL/S.26W EX-W	4000	82	26	1600	8000	61.5
CFL/S.26W EX-WW	3000	82	26	1600	8000	61.5

مشخصات لامپهای COBیک تولید کننده مطرح

Table 1. Performance and Electrical Characteristics

Nominal CCT	Part Number	CRI [3]		Test Current I_F	Luminous Flux [1, 2]		Efficacy	LES [3]
		Minimum	Typical	(mA)	Minimum (lm)	Typical (lm)	Typical (lm/W)	(mm)
2700K	LHC1-2780-1202	80	82	200	675	750	106	9
2700K	LHC1-2780-1203	80	82	300	1025	1125	106	9
2700K	LHC1-2780-1204	80	82	450	1550	1700	106	13
2700K	LHC1-2780-1205	80	82	600	2000	2250	106	13
2700K	LHC1-2780-1208	80	82	900	3050	3400	106	15
2700K	LHC1-2780-1211	80	82	1200	4150	4600	106	19
2700K	LHC1-2790-1202	90	97	200	550	625	90	9
2700K	LHC1-2790-1203	90	97	300	850	950	90	9
2700K	LHC1-2790-1204	90	97	450	1275	1425	90	13
2700K	LHC1-2790-1205	90	97	600	1700	1900	90	13
2700K	LHC1-2790-1208	90	97	900	2550	2850	90	15
2700K	LHC1-2790-1211	90	97	1200	3500	3875	90	19
3000K	LHC1-3080-1202	80	82	200	725	800	115	9
3000K	LHC1-3080-1203	80	82	300	1100	1225	115	9
3000K	LHC1-3080-1204	80	82	450	1625	1825	115	13
3000K	LHC1-3080-1205	80	82	600	2200	2450	115	13
3000K	LHC1-3080-1208	80	82	900	3275	3650	115	15
3000K	LHC1-3080-1211	80	82	1200	4500	5000	115	19
3000K	LHC1-3090-1202	90	97	200	575	650	93	9
3000K	LHC1-3090-1203	90	97	300	900	1000	93	9
3000K	LHC1-3090-1204	90	97	450	1325	1475	93	13
3000K	LHC1-3090-1205	90	97	600	1800	2000	93	13
3000K	LHC1-3090-1208	90	97	900	2625	2950	93	15
3000K	LHC1-3090-1211	90	97	1200	3650	4000	93	19
3500K	LHC1-3580-1202	80	82	200	750	825	119	9
3500K	LHC1-3580-1203	80	82	300	1150	1275	119	9
3500K	LHC1-3580-1204	80	82	450	1725	1900	119	13
3500K	LHC1-3580-1205	80	82	600	2250	2550	119	13
3500K	LHC1-3580-1208	80	82	900	3400	3800	119	15
3500K	LHC1-3580-1211	80	82	1200	4675	5200	119	19
3500K	LHC1-3590-1202	90	97	200	600	675	96	9

Table 1. Performance and Electrical Characteristics, Continued

Nominal CCT	Part Number	CRI [1]		Test Current I_f	Luminous Flux [1,2]		Efficacy	LES [3]
		Minimum	Typical	(mA)	Minimum (lm)	Typical (lm)	Typical (lm/W)	(mm)
4000K	LHC1-4070-1203	70	73	300	1225	1375	130	9
4000K	LHC1-4070-1204	70	73	450	1825	2050	130	13
4000K	LHC1-4070-1205	70	73	600	2450	2750	130	13
4000K	LHC1-4070-1208	70	73	900	3650	4100	130	15
4000K	LHC1-4070-1211	70	73	1200	5050	5600	130	19
5000K	LHC1-5070-1203	70	73	300	1225	1375	130	9
5000K	LHC1-5070-1204	70	73	450	1825	2050	130	13
5000K	LHC1-5070-1205	70	73	600	2450	2750	130	13
5000K	LHC1-5070-1208	70	73	900	3700	4100	130	15
5000K	LHC1-5070-1211	70	73	1200	5050	5600	130	19
5700K	LHC1-5770-1203	70	73	300	1225	1375	130	9
5700K	LHC1-5770-1204	70	73	450	1825	2050	130	13
5700K	LHC1-5770-1205	70	73	600	2450	2750	130	13
5700K	LHC1-5770-1208	70	73	900	3700	4100	130	15
5700K	LHC1-5770-1211	70	73	1200	5050	5600	130	19

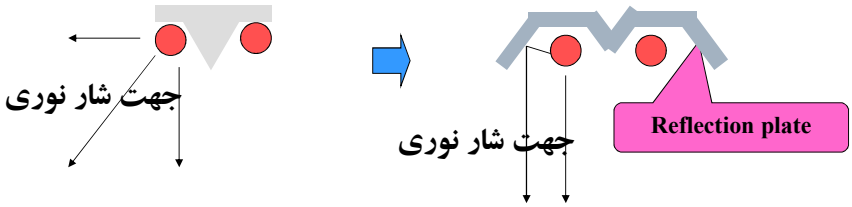
Notes for Table 1:

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

استفاده از چراغ مناسب

- تنظیم منحنی توزیع نور لامپ ها به کمک رفلکتورها
- استفاده بهینه ازآینه ها وعدسی ها برای کاهش افت روشنایی
- اصلاح سیستم نگهداری و نظافت لامپ ها و چراغ ها نظیر جلوگیری از گرد و خاک

استفاده از چراغ مناسب



سیستم موجود — نصب رفلکتور مناسب

ضریب بهره	0.51	⇒	0.59

بدین ترتیب تعداد لامپها و مصرف انرژی ۱۵٪ کمتر می شود.

مشخصات عمده و فاکتور عملکرد منابع روشنایی

- عوامل دیگر موثر در انتخاب لامپ و چراغ
  - هزینه اولیه نصب
  - هزینه بهره برداری
  - تجهیزات کمکی مورد نیاز(راه انداز،بالاست،خازن)
  - قابلیت کنترل با دیمر

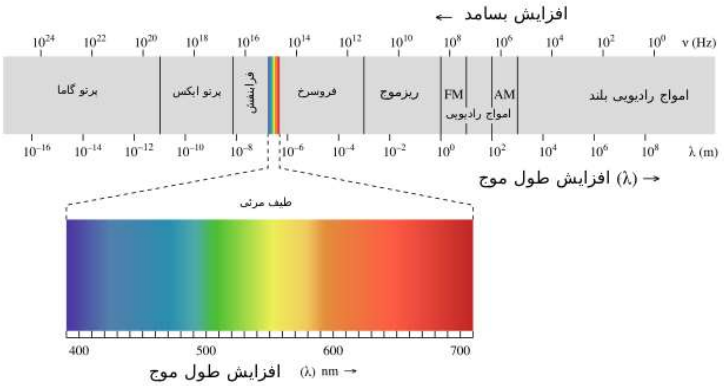
انتخاب منابع روشنایی مناسب با لحاظ نمودن نوع کاربری محیط

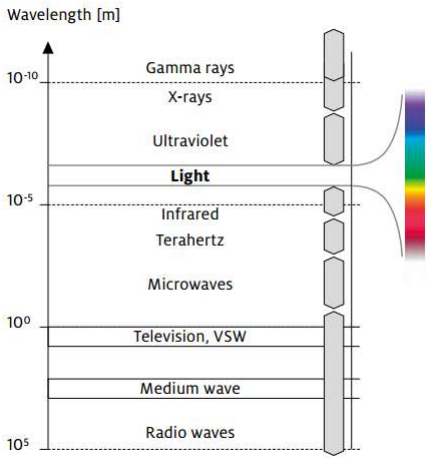
- رنگ نور لامپ یکی از مهمترین عوامل در تعیین کاربری لامپ می باشد.
- این امر به خواص رنگهای نور بستگی دارد.
  - بطور مثال برای اتاق نشیمن لامپ آفتابی توصیه می شود. در حالیکه این لامپ برای نور پردازی مناسب نیست.
- در برخی موارد، رنگ نور اهمیت بیشتری نسبت به بازدهی لامپ دارد
  - بطور مثال لامپ سدیمی با توجه به بهره نوری بالا و رنگ نارنجی برای روشنایی محوطه(که در آن رنگ مهم نیست) مناسب است، ولی برای روشنایی داخلی نامناسب است.

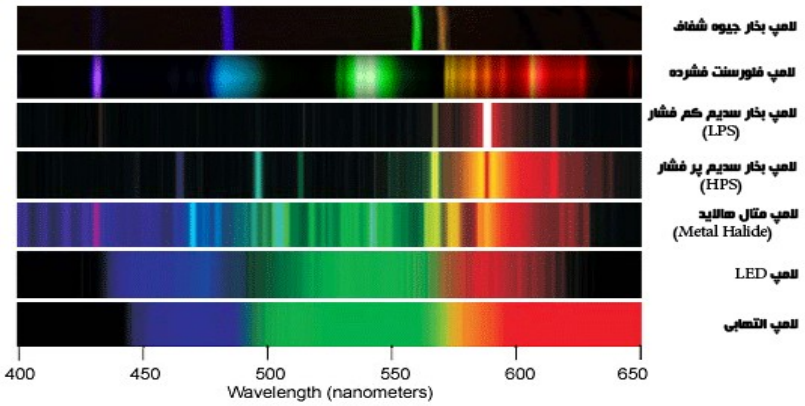
طیف امواج مرئی

- تنها امواج با طول موج حدود ۳۸۰ تا ۷۸۰ نانومتر قابل رویت است.
- امواج بلند تر از امواج رنگ قرمز (مادون قرمز) تولید کننده گرما است.
- امواج کوتاه تر از امواج رنگ بنفش(ماوراء بنفش) ضزیب نفوذ بالایی دارند و می توانند بر سلامت انسان تاثیر منفی بگذارند.
- تشعشعات خورشید دارای طیف گسترده ای است که بخش عمده ای از طیف ماوراء بنفش توسط جو و لایه ازن بازتابش می شود.

طول موج امواج – امواج مرئی







مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

استفاده از تجهیزات کنترل

- استفاده از تجهیزات کنترل شدّت روشنایی نظیر دیمر،
- استفاده از تجهیزات کنترل زمان استفاده از روشنایی نظیر سنسورها، فتوسل، تایمر
  - نصب کلیدهای تایمر در راهروها
- نصب کلیدهای چند گانه جهت کنترل روشنایی
  - ایجاد امکان خاموش کردن لامپ ها در شرایطی که لازم نیستند.
  - پیش بینی کلید مجزا برای روشنایی نزدیک پنجره ها

استفاده از تجهیزات کنترل

- استفاده از سیستم تأمین روشنایی قابل انعطاف و متناسب با مکان و کاربری
  - کاهش میزان روشنایی در مکانهایی مانند پارکینگ
  - پیش بینی سنسور برای قطع روشنایی در مکانهای بدون رفت و آمد
  - پیش بینی کلید اتوماتیک و یا تایمر برای روشنایی بیرون
  - پیش بینی سنسور برای کنترل روشنایی در مسیر خودروها

افزایش ضریب بهره با بهبود ضریب شکل اتاق و عوامل محیطی

- ضریب بهره عبارت است ازنسبت فلوی نورانی وارد بر سطح کاربه فلوی نورانی ساطع شده از لامپ
  - کاهش ارتفاع نصب چراغ ها و بهبود ضریب اتاق

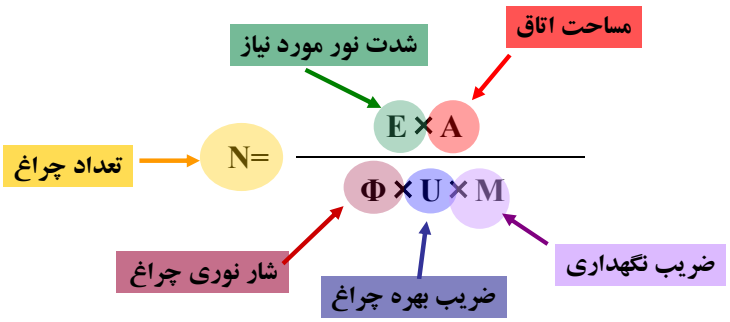
$$\text{ضریب شکل اتاق} = \frac{\text{طول}*\text{عرض}}{(\text{طول}+\text{عرض})*\text{ارتفاع از سطح کار}}$$

  - استفاده از رنگهای روشن در سقف، کف و دیوارها و بهبود ضرایب انعکاس

افزایش ضریب بهره با بهبود ضریب شکل اتاق و عوامل محیطی

با افزایش ضریب بهره تعداد لامپ مورد نیاز کم می شود.

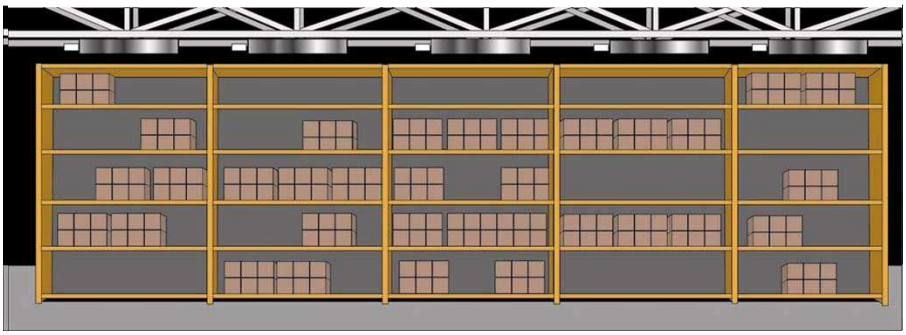
زمان استفاده از چراغ x تعداد چراغ x توان مصرفی هر چراغ = انرژی مصرفی روشنایی



... مبانی صرفه جویی انرژی الکتریکی در سیستم های روشنایی

- انتخاب سیستم سیم کشی مناسب با هد ف کاهش تلفات
- استفاده از خازن اصلاح ضریب قدرت با هدف کاهش تلفات و هزینه برق مصرفی.

نحوه عملکرد سنسورهای تشخیص حضور در انبار



... خصوصیات روشنایی مناسب

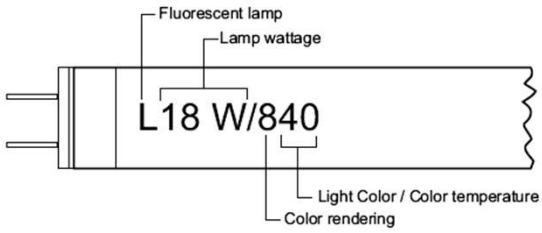
- سایه های مزاحم موجود نباشد، اختلاف بین حداقل و حداکثر شدت روشنایی کم باشد.
  - فاصله چراغها مناسب باشد.
  - پخش نور چراغها و لامپها در طراحی مد نظر باشد.
- نور محیط باعث خستگی نشود،طیف های نورانی ساطع شده از لامپ، وسیع باشد. (رنگ نور، شبیه نور آفتاب باشد)

... مبانی صرفه جویی انرژی الکتریکی در سیستم های روشنایی

- **استفاده از منابع روشنایی با بازده بالا(Lm/w)**
  - **جایگزینی لامپ های با بازده بالا به جای لامپ های موجود**
  - **عدم استفاده از لامپ های التهابی، (چون که حداقل بازده را دارند) و جایگزینی آنها با لامپ کم مصرف**
  - **استفاده از بالاست های الکترونیکی در لامپ های فلورسنت**
  - **استفاده از لامپ های فلورسنت راندمان بالا (لامپهای T8 ، T5 ، TCLو HF فرکانس بالا)**
  - **تعویض و جایگزینی لامپ های فلورسنت خراب و یا کارکرده با نوع جدید**
  - **استفاده از لامپ های هالوژنه برای مکان هایی که برای رنگدهی کامل و تفکیک رنگ استفاده از لامپ التهابی ضروری باشد.**

مشخصات عمده و فاکتور عملکرد منابع روشنایی

- **مشخصات لامپ**
  - **توان مصرفی (W)**
  - **شار نوری تولید شده (Lm)**
  - **بازده لامپ (Lm/w)**
  - **بازده کل چراغ و مدار روشنایی (Lm/w)**
  - **طول عمر (ساعت)**
  - **اندیس رنگ دهی**
  - **مشخصه راه اندازی (آنی یا تاخیری)**
  - **درخشندگی (cd/m2)**



Cool Daylight	6500 K
Daylight	5400 K
Cool White	4000 K
White	3500 K
Warm White	3000 K
Interna	2700 K

منبع: کاتالوگ محصولات شرکت اسرام
OSRAM (Indoor and Outdoor Lighting)

سیستمهای کنترل روشنایی

وسایل اندازه گیری

- اندازه گیری شدت روشنایی با دستگاه لوکس متر یا نور سنج انجام می شود
- لوکس متر وسیله اندازه گیری « شدت روشنایی» با واحد LUXمی باشد
- دستگاه مورد نظر «شدت نور» بر سطح سنسور را حس نموده و با توجه به ضرایب تبدیل اختصاص داده شده به دستگاه دیجیتالی، شدت روشنایی محلی که سنسور در آن واقع است را نشان می دهد

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

اجزاء نور سنج

- *دریافت کننده
- *پردازشگر
- * نمایشگر

... مبانی صرفه جویی انرژی الکتریکی در سیستم های روشنایی

- استفاده از تجهیزات کنترل شدّت روشنایی نظیر دیمر،
- استفاده از تجهیزات کنترل زمان استفاده از روشنایی نظیر سنسورها، فتوسل، تایمر
  - نصب کلیدهای تایمر در راهروها
- نصب کلیدهای چند گانه جهت کنترل روشنایی
  - ایجاد امکان خاموش کردن لامپ ها در شرایطی که لازم نیستند.
  - پیش بینی کلید مجزا برای روشنایی نزدیک پنجره ها

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

... مبانی صرفه جویی انرژی الکتریکی در سیستم های روشنایی

- استفاده از سیستم تأمین روشنایی قابل انعطاف و متناسب با مکان و کاربری
  - کاهش میزان روشنایی در مکانهایی مانند پارکینگ
  - پیش بینی سنسور برای قطع روشنایی در مکانهای بدون رفت و آمد
  - پیش بینی کلید اتوماتیک و یا تایمر برای روشنایی بیرون
  - پیش بینی سنسور برای کنترل روشنایی در مسیر خودروها

امکانات کنترل هوشمند سیستم روشنایی

- کنترل براساس خاموش و یا روشن ON and OFF.
- تعیین لوکس روشنایی توسط دیمر ها، جهت انواع لامپ ها
- کنترل بر اساس حضور، توسط حسگرهای حرکتی و حسگرهای حضور
- کنترل زمانبندی .
- تطبیق نور فضاها با نور موجود در محیط.
- قابلیت شبیه سازی در زمان عدم حضور در منزل .

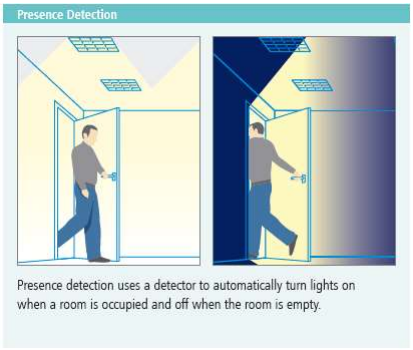
کنترل حضور و کنترل زمانی

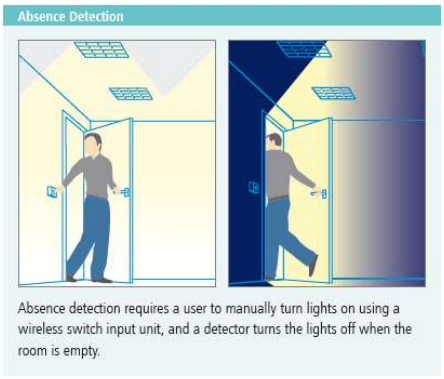
- در کاربردهایی نظیر اتاق کنفرانس و راهروها که حضور نفرات متغیر است استفاده از سنسورهای حضور توصیه می شود.
- لیکن در مکانهایی مانند مکانهای عمومی که حضور تقریبا دائمی افراد در بازه های زمانی خاصی وجود دارد، کنترل زمانی ارجحیت دارد.
- کنترل اتوماتیک در مکانهای عمومی اهمیت بیشتری دارد. (در مکانهایی که روشن و خاموش کردن چراغها مسئول خاصی ندارد)

کنترل روشنایی بر اساس سنسور حضور

- بر اساس یک تحقیق در آمریکا، میزان صرفه جویی حاصل از استفاده از سنسورهای Occupancy
  - ساختمان اداری (شرکت خصوصی) ٪۲۶
  - اتاق های کنفرانس ٪۲۷
  - اتاقهای استراحت ٪۴۰

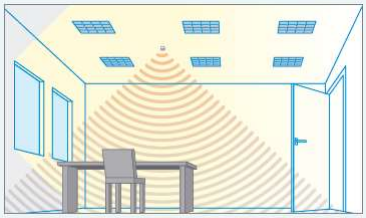
سنسور تشخیص حضور – سنسور تشخیص عدم حضور



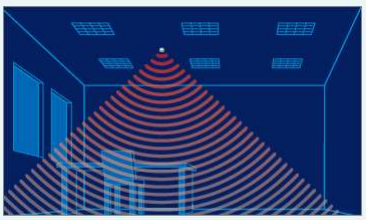


سنسور حضور + کنترل شدت روشنایی (روشن – خاموش)

Presence detected, sufficient daylight, lights off.



No presence detected, daylight, lights off.



No presence detected, lights off.

Presence detected, insufficient daylight,
all lights on.

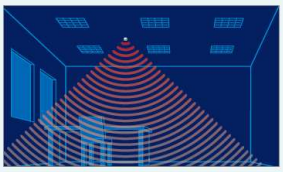
سنسور حضور + کنترل شدت روشنایی (کنترل پیوسته)

Presence detected, some daylight.
Lights on and dimmed to maintain lux level.

Presence detected, insufficient daylight.
Output device measures and implements
maintained illuminance.

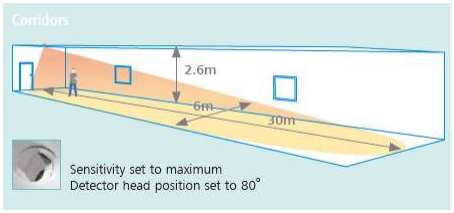
No presence detected, daylight, lights off.

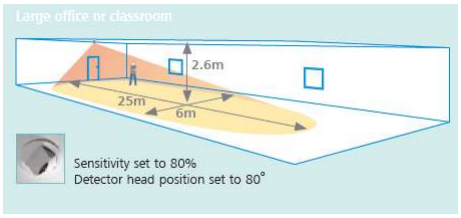
Presence detected, sufficient daylight, lights off.

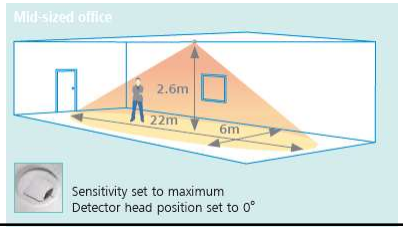


No presence detected, lights off.

اهمیت تنظیم زاویه سنسور حضور





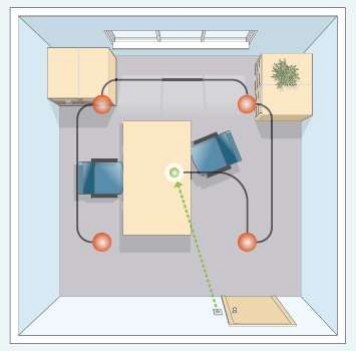


مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

محل نصب سنسورها در کنترل در مکانهای مختلف

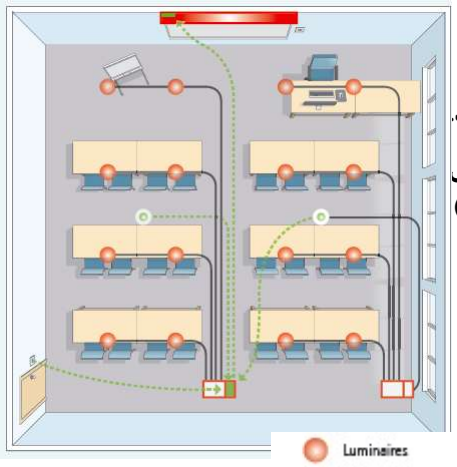
دفتر کوچک

- چراغ توسط سنسور حضور و کلید دستی کنترل می شود.



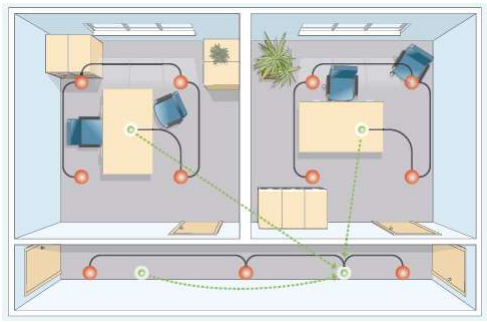
کلاس درس

- سنسور مستقل برای زونهای مختلف کلاس در نظر گرفته می شود.
- ردیف کنار پنجره سنسور مستقل دارد.
- چراغهای جلوی کلاس قابلیت کنترل دستی (معمولا با ریموت کنترل دارد)



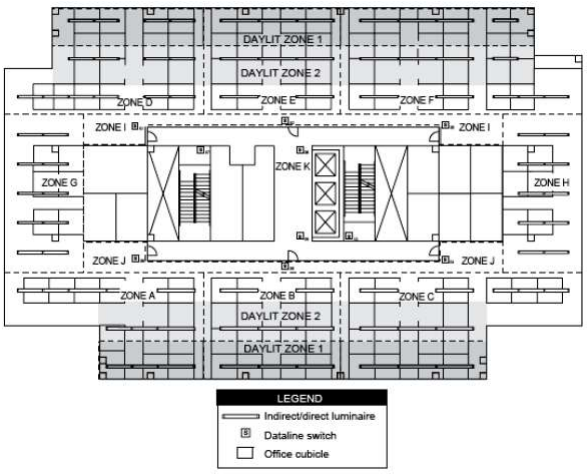
اتاقهای و راهرو

- روشنایی راهروها علاوه بر سنسورهای راهرو، از سنسورهای داخل اتاقها نیز فرمان می گیرد. در صورت حضور نفر در اتاقها، روشنایی ایمنی برای آن قسمت از راهرو تامین می گردد.



زون بندی قسمتهای مختلف ساختمان

- معمولا چراغهای کنار نجره در یک زون قرار می گیرند.
- سایر چراغها بسته به کاربری و موقعیت زون بندی می شوند.
- چراغهای هر زون از کلید یا سنسور مربوطه فرمان می گیرند.



نکات مهم در استفاده از سنسورها در سیستم روشنایی

- جاییکه امکان استفاده از روشنایی روز وجود دارد، از سنسورها و کنترل تنظیم روشنایی استفاده شود.
- محل نصب سنسورهای حضور بایستی در محلهای بدون لرزش (دور از سیستم تهویه) و جایی باشد که از بیرون تاثیر نگیرد (جلوی پنجره ای که بیرون آن تردد وجود دارد، نباشد)
- امکان تبدیل کنترل اتوماتیک به کنترل دستی برای زمانهای خاص وجود داشته باشد.
- در جاهاییکه تعداد کلید زنی زیاد بواسطه تردد نفرات و عملکرد سنسورهای حضور وجود دارد، از لامپهای فلورسنت یا کم مصرف استفاده نشود. (لامپهای **LED** برای چنین جاهایی مناسب تر هستند)

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

کنترل روشنایی محیط بیرون

- فتوسل
- کنترلر نجومی (میکروپروسسوری)
- کنترلر نجومی با صرفه جویی انرژی

مدیریت بار

پارامترهای مهم در هزینه انرژی الکتریکی

- حداکثر دیماند مصرفی (kW)
- مقدار انرژی مصرفی(kWh)
- زمان مصرف انرژی
- ضریب توان

هزینه های ماهیانه برق

- هزینه دیماند (kW)
- هزینه انرژی اکتیو (kWh)
  - شامل افزایش هزینه در ساعات اوج مصرف و کاهش هزینه در ساعات کم باری

هزینه مرتبط با افزایش فصلی

هزینه انرژی راکتیو (kVARh)

هزینه تجاوز از قدرت قراردادی

مالیات ارزش افزوده

عوارض برق

تعرفه های برق وزارت نیرو

- تعرفه شماره ۱ – مصارف خانگی
- تعرفه شماره ۲ – مصارف عمومی
  - ادارات دولتی- مراکز آموزشی و پژوهشی – مراکز عام المنفعه – روشنایی معابر – مصارف مشترک مجتمع های مسکونی و ...
- تعرفه شماره ۳ – مصارف تولید آب و کشاورزی
  - پمپاژ و تصفیه خانه های آب شهری و روستایی – پمپاژ آب کشاورزی – صنایع کشاورزی
- تعرفه شماره ٤- مصارف تولید صنعت و معدن
- تعرفه شماره ٥ – سایر مصارف
  - مصارف تجاری – مصارفی که جزو هیچ یک از تعرفه های فوق نباشند

دسته بندی مشترکین برق عمومی- با نظام تعرفه قبلی و کنونی

۲- الف	۱ شامل کدهای	۲-۱	وزارتخانه‌ها و ادارات تابعه آنها و بنیاد مستضعفان و جانبازان ، بنیاد ۱۵ خرداد، شهرداریها و کلیه موسسات و سازمانهای دولتی که بصورت شرکت اداره نمی‌شوند (نظیر سازمان حج و اوقاف و امورخیریه، سازمان حفاظت محیط زیست، سازمانهای جهاد کشاورزی استانها، گمرک، سازمان بنادر و کشتیرانی، سازمان هواپیمایی کشوری) اماکن دیپلماتیک، روشنایی معابر، اختصاصی، مصارف اشتراکی مجموعه‌های ساختمانی غیرمسکونی، آرامگاهها، گورستانها و غسالخانه‌ها، سازمان تبلیغات اسلامی، روشنایی جاده‌ای و چراغهای چشمک‌زن بین شهری، تونلها و نقاط مه‌گیر
	۲ شامل کدهای	۲-۲	کلیه موسسات پژوهشی و مرکز تحقیقاتی دارای پروانه معتبر از مراجع رسمی، مجلس شورای اسلامی، قوه قضائیه ، سازمان بازرسی کل کشور، جایگاههای فروش فرآورده‌های نفتی و CNG ، مرکز بهداشتی و درمانی دولتی نظیر بیمارستانها ، درمانگاهها، مراکز تشخیص طبی، مراکز پیرایزشکیف کیله موسسات و مراکز نیکوکاری ، دفاتر هلال‌احمر و کمیته امداد امام خمینی ، بوستانها (پارکها) فضای سبز شهرها و مصارف مربوط به زیباسازی شهرها، مصارف اشتراکی واحدهای مسکونی ، مصارف اشتراکی شهرکهای مسکونی.
		۲-۶	مراکز بهداشتی و درمانی خصوصی نظیر بیمارستانها، درمانگاهها، مراکز تشخیص طبی ، مراکز پیرایزشکی و مطب پزشکان.

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

دسته بندی مشترکین برق عمومی- با نظام تعرفه قبلی و کنونی

۲- ب شامل کدهای	2-3	مراکز فرهنگی (نظیر کتابخانه‌ها، موزه‌ها، اماکن تاریخی ثبت‌شده)، سازمان صدا و سیما، سینماها، مراکز آموزشی و پرورشی (نظیر مهد کودکها، کودستانها، مدارس، دانشگاهها، بیمارستاهای آموزشی، مراکز آموزش فنی و حرفه‌ای، مدرس و حوزه‌های علمیه)، مساجئ، حسینیه‌ها، گلزار شهداف بقاع متبرکه و اماکن مقدسه اقلیتهای دینی شناخته‌شده ، مراکز ورزشی، مراکز بهزیستی و نگهداری جانبازان ، معلولین و سالمندان و محل سکونت جانبازان ۷۰ درصد و بالاتر، گرمابه‌ها و باشگاهها.
	۲-۴	مراکز و پادگانهای نظامی و انتظامی
	۲-۵	تاسیسات آب شیرین‌کنی، پارکها جنگلی، نانوائیهای غیرسنتی.
	۲-۷	نانوایی‌های سنتی.

تعرفه شماره ۲

کد تعرفه		با قدرت بیش از ۳۰ کیلووات				با قدرت ۳۰ کیلووات و کمتر			
		بهای قدرت (ریال/kw)	بهای انرژی (ریال/kwh)			بهای قدرت (ریال/kw)	بهای انرژی (ریال/kwh)		
			ساعات میان‌باری	ساعات اوج بار	ساعات کم باری		ساعات میان باری	ساعات اوج بار	ساعات کم باری
۲-الف	۱	۶۱۱۷۷	۲۲۴۴	۴۴۸۸	۱۱۲۲	–	۲۶۴۹	۵۲۹۸	۱۳۲۴,۵
	۲	۵۰۹۸۱	۶۹۳	۱۳۸۶	۳۴۶,۵	–	۸۹۸	۱۷۹۶	۴۴۹
۲-ب		۲۴۴۷۱	۳۸۷	۷۷۴	۱۹۳,۵	–	۴۹۱	۹۸۲	۲۴۵,۵

تعرفه شماره ۵– سایر مصارف

۵ -۱ تعرفه مشترکین با قدرت ۳۰ کیلووات و بیشتر

بهای قدرت (ریال/kw)	بهای انرژی (ریال/kwh)		
	ساعات میان باری	ساعات اوج بار	ساعات کم باری
۴۰۷۸۶	۲۲۴۴	۴۴۸۸	۱۱۲۲

تعرفه شماره ۵– سایر مصارف

- ۵-۲ تعرفه مشترکین با قدرت کمتر از ۳۰ کیلووات

متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات‌ساعت در ماه)	قیمت پایه هر کیلووات‌ساعت (ریال)
۰ تا ۱۰۰	۲۲۴۴
مازاد بر ۱۰۰ تا ۲۰۰	۲۳۴۴
مازاد بر ۲۰۰ تا ۳۰۰	۲۴۴۸
مازاد بر ۳۰۰ تا ۴۰۰	۲۵۵۰
مازاد بر ۴۰۰ تا ۵۰۰	۲۸۵۵
مازاد بر ۵۰۰ تا ۶۰۰	۳۲۶۴
مازاد بر ۶۰۰	۳۶۷۰

هزینه ساعات اوج و کم باری در تعرفه سایر مصارف

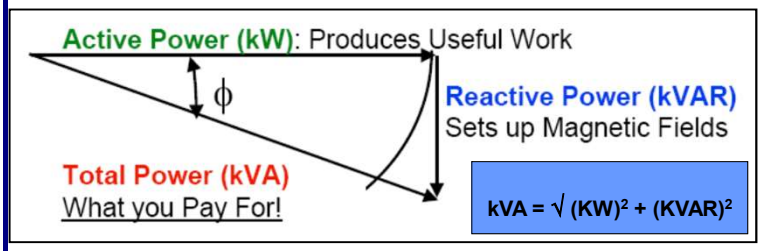
۵-۲ – برای مشترکین با قدرت ۳۰ کیلووات و کمتر، به منظور تشویق مشترکین برای جابجایی مصرف از ساعات اوج بار، پس از محاسبه بهای برق مصرفی بر اساس جداول فوق، اضافه پرداختی مصارف اوج‌بار و تخفیف مصارف غیراوج‌بار برای آن دسته از مشترکینی که دارای لوازم اندازه‌گیری چندزمانه می‌باشند به شکل زیر محاسبه می‌شود:

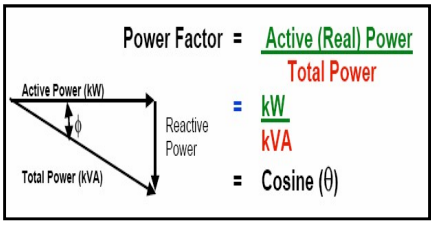
اضافه پرداختی مصارف اوج بار = کل مصرف اوج‌بار در دوره × ۸۱۶ ریال

تخفیف مصارف غیراوج بار =
- (برای مشترکینی که دارای لوازم اندازه‌گیری سه‌زمانه می‌باشند) کل مصرف کم باری در دوره ×۴۰۸ریال
- (برای مشترکینی که دارای لوازم اندازه‌گیری دوزمانه می‌باشند) کل مصرف غیراوج‌بار در دوره × ۱۶۳,۲ ریال

- **میزان افزایش هزینه ساعات اوج برای پله اول ۳۶٪ و برای پله آخر ۲۲٪ است.**
- **میزان تخفیف ساعات کم باری برای پله اول ۱۸٪ و برای پله آخر ۱۱٪ است.**

مثلث توان





حداکثر دیماند مصرفی (kW)

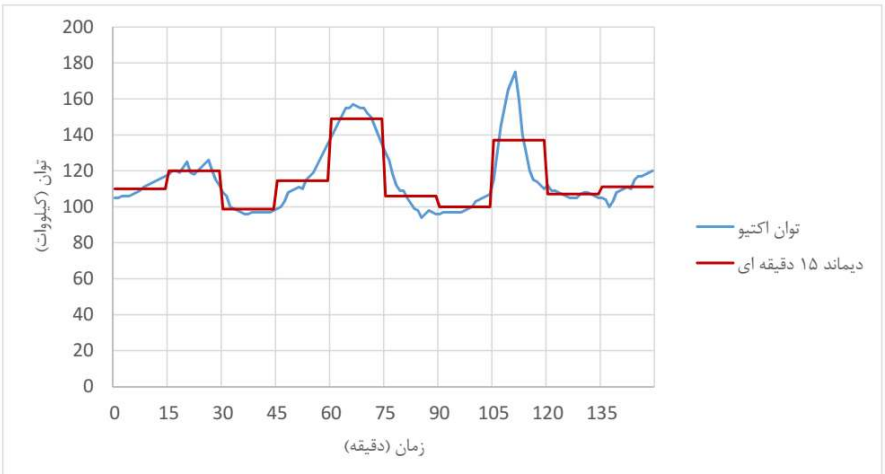
- حداکثر مصرف توان الکتریکی که بصورت همزمان کشیده می شود
- در واحدهای مسکونی کوچک، برای تعیین حداکثر جریان و انتخاب سیمها و سایر تجهیزات استفاده می شود.
- در مجتمع های مسکونی، تجاری، اداری، آموزشی و ... برای تعیین میزان قدرت قراردادی استفاده می شود.
- تعیین مقدار صحیح آن دارای اهمیت ویژه ای است چراکه در غیر انصورت هزینه بیشتری باید پرداخت شود.

مفهوم دیماند

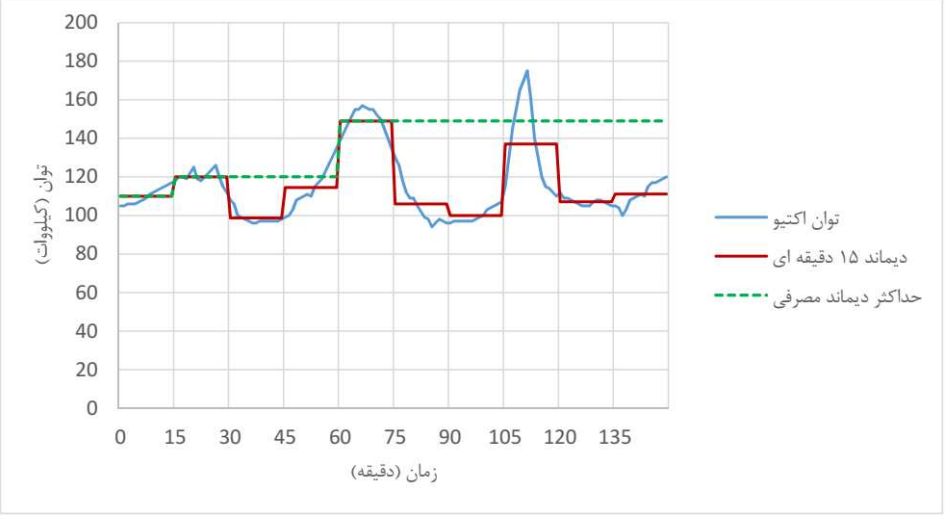
- نحوه اندازه گیری دیماند نیز بر اساس میانگین ۱۵دقیقه ای توان اکتیو می باشد.
- بدین صورت که در هر ۱۵دقیقه میانگین مصرف توان اندازه گیری شده و در ماکسیمتر کنتور ثبت می گردد.
- حال اگر در ۱۵دقیقه بعدیمیزان مصرف)میانگین ۱۵دقیقه ای(بیش از مقدار ثبت شده باشد، مقدار جدید در ماکسیمت ثبت می گردد،در غیر این صورت مقدار قبلی به عنوان حداکثر دیماند)قدرت(مصرفی باقی می ماند.
- این امر برای تک تک ۱۵دقیقه های یک دوره تکرار می گردد. بدین ترتیب، حداکثر دیماند مصرفی برابر با میانگین توان اکتیو ۱۵دقیقهای است که در طول یک دوره از شبکه کشیده شده است

مفهوم دیماند

- دیماند ۱۵ دقیقه ای



مفهوم حداکثر دیماند



نحوه محاسبه هزینه دیماند

- قدرت مورد محاسبه در بهای قدرت (دیماند) قدرت قرائت شده است ، مگر آن که قدرت قرائت شده از ۹۰ درصد قدرت قراردادی کمتر باشد که در این صورت ۹۰ درصد قدرت قراردادی مورد محاسبه قرار خواهد گرفت. به این ترتیب حداقل مبلغ صورتحساب مشترکین با قدرت ۳۰ کیلووات و بیشتر معادل حاصل ضرب ۹۰ درصد قدرت قراردادی آنها در بهای هرکیلووات قدرت می باشد. شرکت موظف است تا درصورت تجاوز قدرت قرائت شده از قدرت قراردادی براساس مفاد آئین نامه تکمیلی تعرفه های برق اقدام نماید.

بهای قدرت (دیماند)

شرایط عمومی تعرفه ها

- بهای برق و بهای قدرت(دیماند) براساس ماههای ۳۰ روزه طراحی گردیده است، لذا مقادیر آنها در هرماه با توجه به تعداد روزهای ماه تعدیل می گردد.
- بطور مثال اگر قبض برق شامل ۲۵ روز باشد، بهای واحد دیماند بایستی در ضریب ۲۵/۳۰ضرب شود.

شرایط عمومی تعرفه ها

- به منظور تعدیل ضریب قدرت در کلیه تعرفه ها در صورتی که متوسط ضریب قدرت هر دوره قرائت کمتر از ۹۰ درصد باشد، بهای قدرت (دیماند) و بهای انرژی با توجه به روابط زیر تعدیل و محاسبه خواهد شد:

$$\text{ضریب قدرت} = \frac{\text{مصرف اکتیو}}{\sqrt{(\text{مصرف راکتیو})^2 + (\text{مصرف اکتیو})^2}}$$

$$\text{ضریب زیان} = \frac{\%۹۰}{\text{ضریب قدرت}} - ۱$$

- ضریب زیان به هردو هزینه انرژی و دیماند اعمال می شود

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

شرایط عمومی تعرفه ها

- ۱۱-مجموع ساعات اوج بار ٤ ساعت

و ساعات کم باری ۸ ساعت

(ساعات عادی ۱۲ساعت)

به تشخیص شرکت می باشد.

ساعت میان باری – اوج بار – کم باری

- تشخیص ساعات مزبور در مورد مشترکین نهایی با شرکتهای برق و در بازار برق به عهده شرکت مدیریت شبکه برق ایران می‌باشد. لیکن در منطقه آذربایجان معمولا بصورت زیر است:

	نیمسال اول	نیمسال دوم
ساعات عادی	۷-۱۹	۶-۱۸
ساعات پیک بار	۱۹-۲۳	۱۸-۲۲
ساعات کم باری	۲۳-۷	۲۲-۶

- ساعات اوج بار در ادارات از ساعت ۱۱ تا ساعت ۱۵ می باشد.

ساعت میان باری – اوج بار – کم باری

- تشخیص ساعات مزبور در مورد مشترکین نهایی با شرکتهای برق و در بازار برق به عهده شرکت مدیریت شبکه برق ایران می‌باشد.
- ساعات اوج بار در ادارات از ساعت ۱۱ تا ساعت ۱۵ می باشد.

کنترل تجهیزات الکترومکانیکی
با هدف مدیریت انرژی

انتخاب کارآمدترین فرایند گرمایش و سرمایش

- استفاده از روش گرمایش یا سرمایش به شرایط محیطی بستگی دارد.
- در برخی موارد استفاده از سرمایش "تر" توصیه می شود. (در محیطهای با رطوبت کم)
- چیلرهای جذبی هزینه سرمایه گذاری زیادی دارند ولی به دلیل هزینه انرژی کمتر از انواع تراکمی در ایران دارای کاربرد زیادی هستند.
- استفاده از سیستمهای گرمایش تابشی برای کارگاههای مفید است.

بکارگیری کارآمدترین تجهیزات

- انتخاب صحیح نوع تجهیزات (بطور مثال کمپرسورها در سیستمهای سرمایش تبریدی)
- استفاده از تجهیزات با بازده بالا
- توجه به کاهش بازده در طول عمر و افزایش بازده با پیشرفت تکنولوژی

سیستم سرمایش: چیلر تراکمی یا چیلر جذبی؟

- از نظر مصرف انرژی و ضریب عملکرد (COP) چیلرهای تراکمی در اولویت هستند
  - COPچیلرهای تراکمی بیش از ٤ است در حالیکه این ضریب در چیلرهای جذبی در محدوده ۰,۷ تا ۱,۲ است.
  - کنترل زمانی چیلرهای جذبی مشکل تر است.
  - با توجه به تعرفه های انرژی چیلرهای جذبی در ایران به صرفه تر بوده است. لیکن با تعرفه های جدید در بخشهای اداری و تجاری، دیگر به صرفه نیست.
  - لیکن در جاهائیکه امکان بازیافت حرارت وجود دارد، استفاده از چیلر جذبی توجیه دارد.

راندمان سیستم های تبرید

✓ **ضریب عملکرد** (COP)

$$COP = \frac{\text{مقدار سرمای ایجاد شده}}{\text{انرژی ورودی سیستم سرمایش}}$$

✓ **مصرف ویژه قدرت**(SPC)

$$SPC = \frac{\text{مصرف برق (قدرت)} \ Kw}{\text{سرمایش ایجاد شده بر حسب تن تبرید}}$$

✓ **COP بالا و SPC پایین نشان دهنده کارایی بهتر سیستم سرمایشی می باشد**

1TR= 12000 BTU
1 kWh=3412 BTU

✓ محاسبه **EER** نیز مشابه محاسبه **COP** است. لیکن در محاسبه **EER** واحد سرمایش **BTU** و واحد انرژی ورودی **Wh** است.

برچسب انرژی کولر گازی

COP (بازدهی در حالت گرمایش)	
COP	Energy Grade
COP > 3.60	A
3.60≥ COP>3.40	B
3.40≥COP>3.20	C
3.20≥ COP >2.80	D
2.80≥ COP> 2.60	E
2.60≥COP > 2.40	F
2.40≥ COP > 2.20	G

COP (بازدهی در حالت سرمایش)	
COP	Energy Grade
COP > 3.20	A
3.20≥ COP>3.00	B
3.00≥COP>2.80	C
2.80≥ COP >2.60	D
2.60≥ COP> 2.40	E
2.40≥COP > 2.20	F
2.20≥ COP > 2.00	G

ظرفیت	میزان بازدهی	COP
9000 BTU	–بازدهی در حالت سرمایش	4.1
	–بازدهی در حالت گرمایش	4.21
12000 BTU	–بازدهی در حالت سرمایش	3.47
	–بازدهی در حالت گرمایش	3.81
18000 BTU	–بازدهی در حالت سرمایش	3.47
	–بازدهی در حالت گرمایش	3.82
24000 BTU	–بازدهی در حالت سرمایش	3.21
	–بازدهی در حالت گرمایش	3.62

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

استفاده از کنترل دور در تجهیزات دوار

- **کنترل دور الکتروموتور بسته به نوع بار آن می تواند صرفه جویی در مصرف انرژی را به همراه داشته باشد.**

رابطه محاسبه سرعت سنکرون الکتروموتور

$$\text{synchronous speed} = \frac{(\text{frequency} \times 120)}{(\text{number of Poles})}$$

- کنترل دور الکتروموتور از دو روش امکان پذیر است:
  - تغییر تعداد قطب: که با آن سرعت بصورت پله ای تغییر می یابد. (در موتورهایی مانند موتور دالاندر)
  - تغییر فرکانس: که می تواند بوسیله اینورتر و بصورت پیوسته انجام پذیرد.

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

کنترل دور با تغییر تعداد قطب

- با تغییر تعدادقطب فقط سرعتهای خاصی قابل دسترسی می باشند. و کنترل دور بصورت پله ای خواهد بود.

تعداد قطب	2	4	6	8	10	12
سرعت سنکرون (در فرکانس ۵۰ هرتز) (r.p.m)	3000	1500	1000	750	600	500

کنترل دور با فرکانس

- کنترل دور الکتروموتور با نامهای مختلفی شناخته می شود.

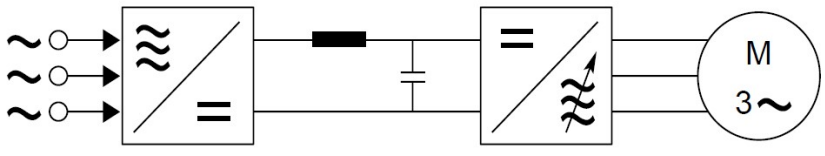
- Variable Frequency Drives (VFD)
- Adjustable Frequency Drives (AFD)
- Adjustable Speed Drives (ASD)
- Variable Speed Drives (VSD)
- Frequency Inverter (FI)

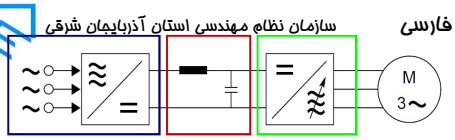
Variable Voltage- variable frequency (VVVF)

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

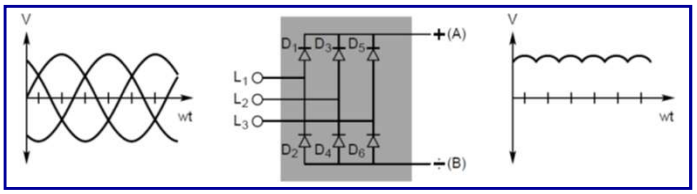
کنترل دور با فرکانس

- با تغییر فرکانس سرعت بصورت پیوسته کنترل می شود.
- برق متناوب (AC) شبکه بوسیله یکسو ساز به برق مستقیم (DC) تبدیل شده و سپس بوسیله اینورتر به برق متناوب با فرکانس مطلوب تبدیل می شود.
- برای جلوگیری از اشباع هسته الکتروموتور اینورتر علاوه بر فرکانس بایستی ولتاژ را نیز کنترل نماید (متناسب با فرکانس)



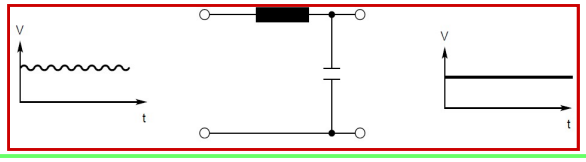


اجزای یک کنترل کننده دور موتور



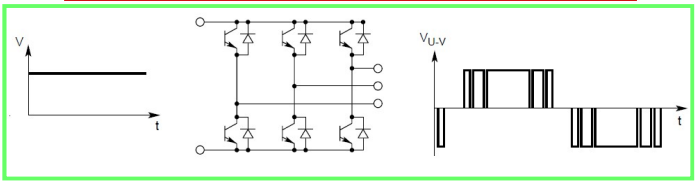
یکسوساز

(تبدیل ولتاژ AC به DC)



مدار واسط

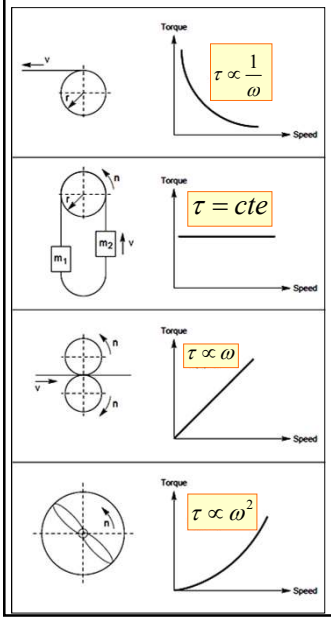
(صاف کردن ولتاژ DC)



اینورتر

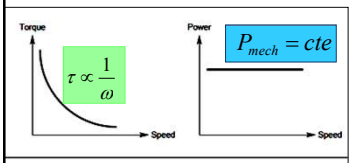
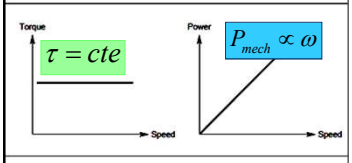
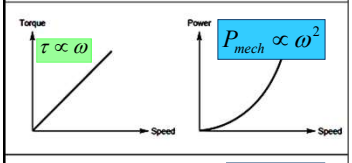
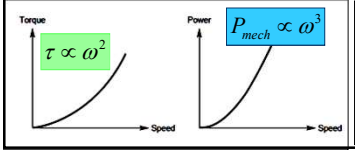
(تبدیل ولتاژ DC به AC)

انواع بارهای مکانیکی از نظر منحنی گشتاور – دور

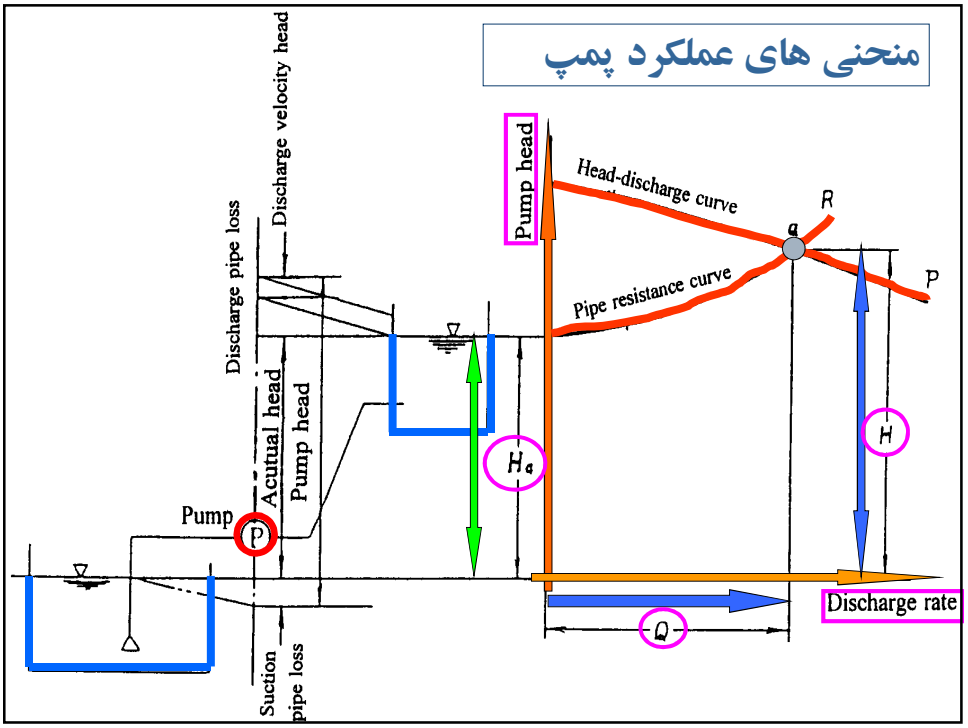


- **بارهای توان ثابت**
  - **شامل ماشینهای ابزار، ماشینهای رویه بردار و ماشینهایی که تحت تنش ثابت پیچاندن به دور قرقره را انجام می دهند (مانند سیم پیچی).**
- **بارهای گشتاور ثابت شامل بارهای کششی نظیر آسانسور و تسمه نقاله**
  - **کمپرسور و پمپهای جابجایی مثبت از این دسته بارها هستند.**
- **بارهایی که گشتاور آنها متناسب با سرعت است.**
  - **شامل ماشینهای همانند صاف کننده (نورد) ماشینهای فرآوری مواد مشابه**
- **بارهای دینامیکی که با نیروی سانتریفوژ کار می کنند**
  - **شامل بارهای پمپ و فن و بلوور**

اولویتهای صرفه جویی انرژی با کنترل دور در انواع بارهای مکانیکی

توان مکانیکی در دورهای مختلف ثابت است. کنترل دور از نظر انرژی صرفه ندارد.	$\tau \propto \frac{1}{\omega} \Rightarrow P_{mech} = cte$	
توان مکانیکی با دور موتور متناسب است. (رابطه خطی) اولویت ۳ برای صرفه جویی	$\tau = cte \Rightarrow P_{mech} \propto \omega$	
توان مکانیکی با مجذور دور موتور متناسب است. اولویت ۲ برای صرفه جویی	$\tau \propto \omega \Rightarrow P_{mech} \propto \omega^2$	
توان مکانیکی با توان سوم دور موتور متناسب است. اولویت ۱ برای صرفه جویی	$\tau \propto \omega^2 \Rightarrow P_{mech} \propto \omega^3$	

منحنی های عملکرد پمپ



محاسبه توان خروجی پمپ و توان الکتروموتور مناسب

هد کلی پمپاژ (m)

دبی آب (m3/min)

وزن مخصوص آب (kg/m3)

توان خروجی پمپ (kW)

$$L = \frac{Q\,H\,\gamma}{102 \times 60} = 0.163\;Q\;H \qquad [kw]$$

الکتروموتور ورودی،توان (kW)

$$L_m = \frac{0.163\,QH}{\eta_P \cdot \eta_M} \times \phi \qquad [KW]$$

ضریب اطمینان

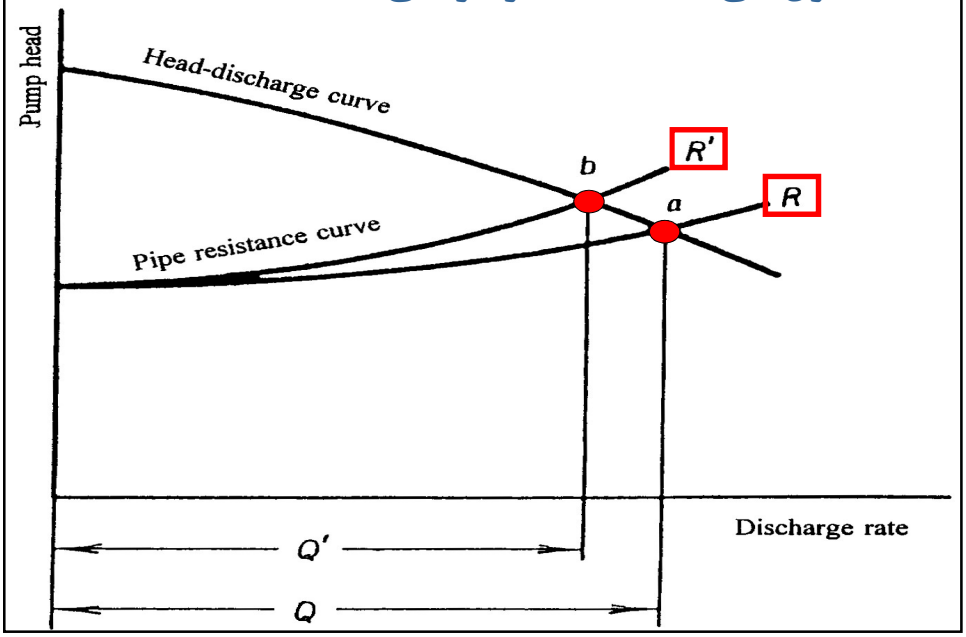
بازده پمپ

بازده موتور

روشهای کنترل دبی

- بای پاس کردن آب پمپاژ شده
- استفاده از شیر خروجی
- استفاده از کنترل دور موتور
- کاهش ابعاد پره ها (Impeller Cutting)

کنترل دبی با استفاده از شیر خروجی



کنترل با شیر خروجی

- در این روش کاهش دبی با افزایش هد توام است و این امر موجب افزایش توان مصرفی می شود.

دیاگرام انرژی و تلفات در سیستم پمپ با کنترل شیر خروجی

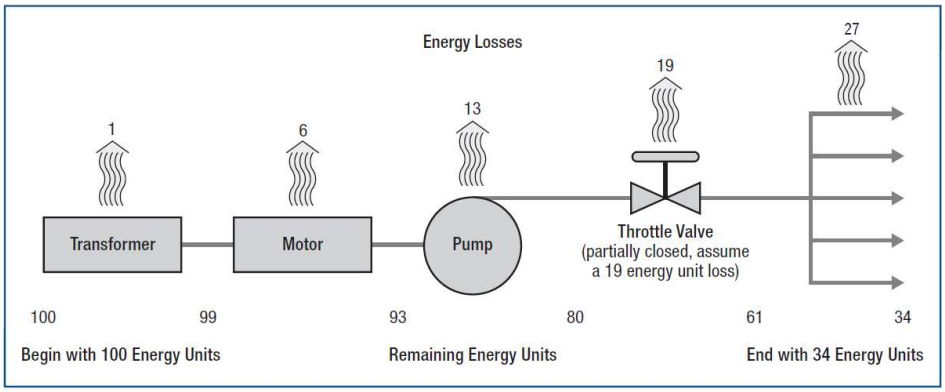


Figure 7. Energy losses in a pump system when a throttle valve controls flow

دیاگرام انرژی و تلفات در سیستم پمپ با کنترل دور الکتروموتور

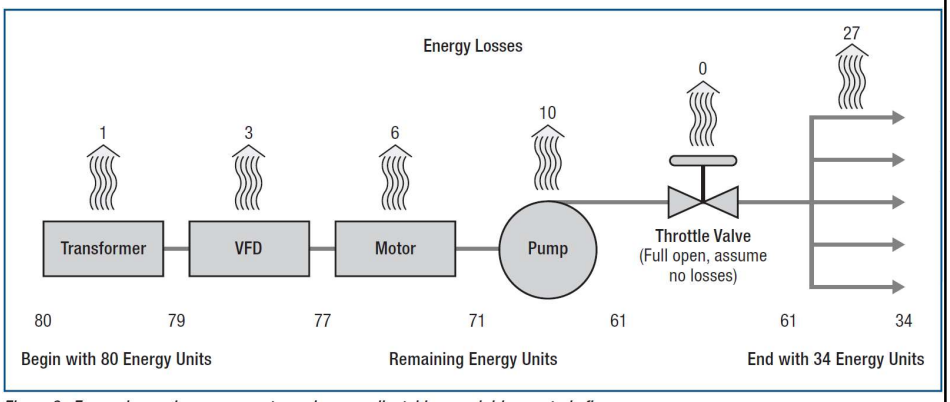
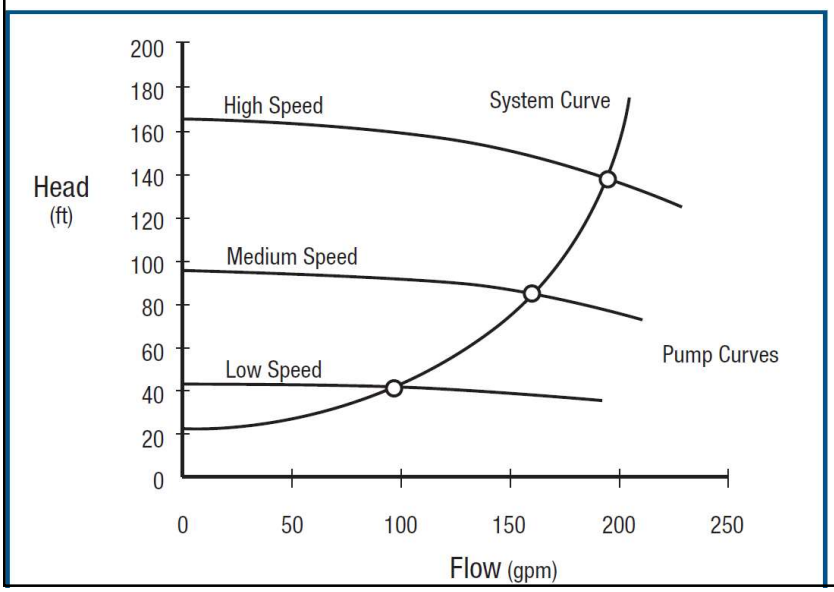


Figure 8. Energy losses in a pump system when an adjustable speed drive controls flow

علی فارسی (عضو هیات علمی)

کنترل دبی با استفاده از کنترل دور

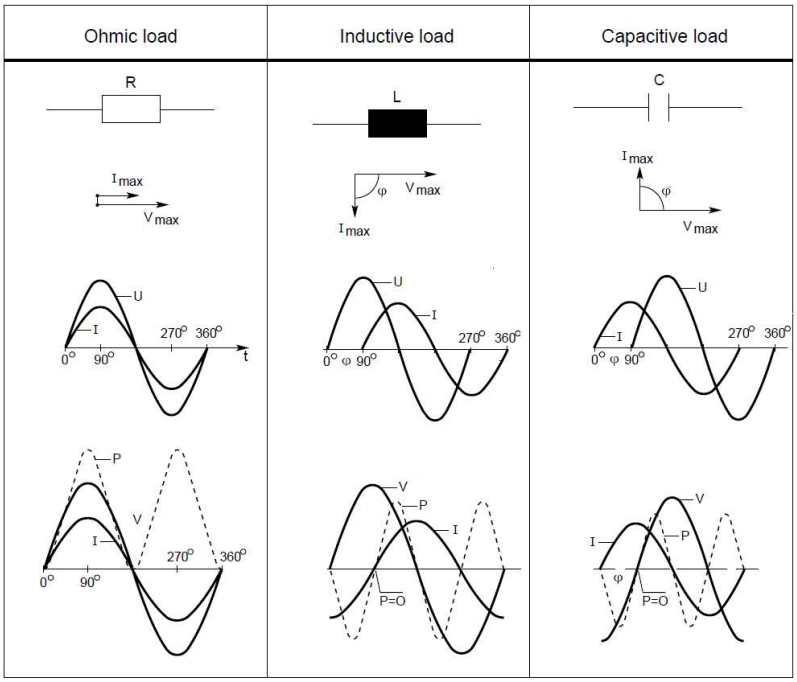


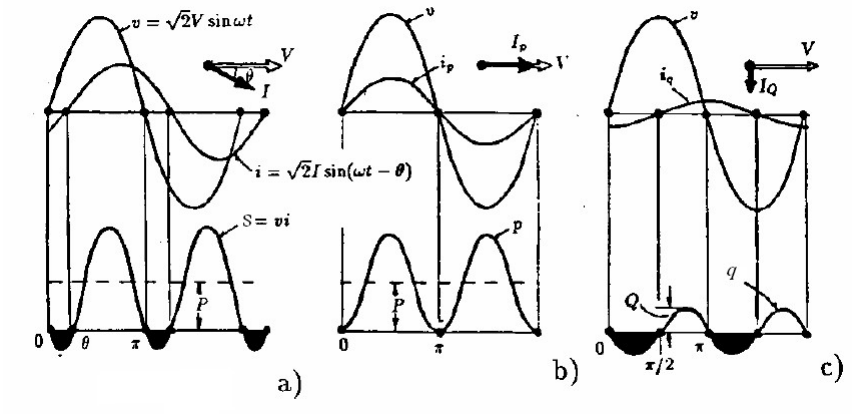
بازده دستگاه کنترل دور الکتروموتور در توانها و درصد بارهای مختلف

Table 1. PWM ASD Efficiency as a Function of Drive Power Rating[1]

Variable Speed Drive hp Rating	Efficiency,%						
	Load, Percent of Drive Rated Power Output						
	1.6	*12.5*	*25*	*42*	*50*	*75*	*100*
3	31	77	86	90	91	93	94
5	35	80	88	91	92	94	95
10	41	83	90	93	94	95	96
20	47	86	93	94	95	96	97
30	50	88	93	95	95	96	97
50	46	86	92	95	95	96	97
60	51	87	92	95	95	96	97
75	47	86	93	95	96	97	97
100	55	89	94	95	96	97	97
200	61	91	95	96	96	97	97
400	61	91	95	96	96	97	97

جبران توان راکتیو در تابلوهای برق با خازن گذاری



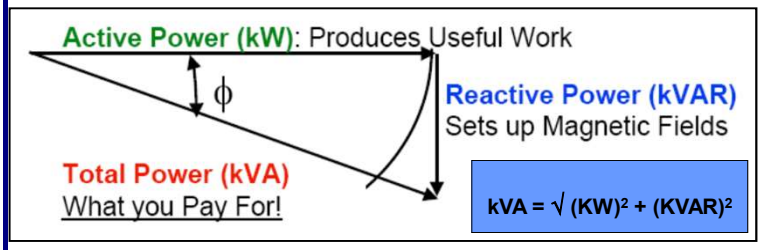


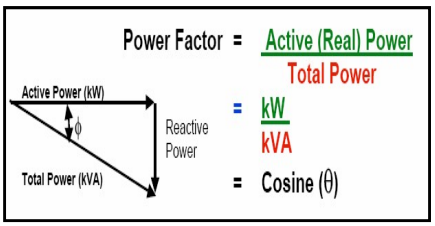
$$S = v.i = p + jq$$

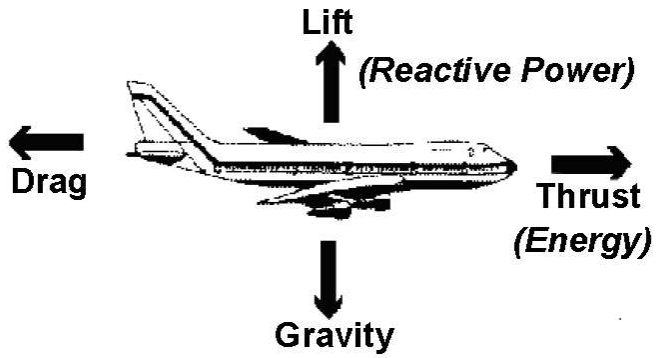
$$p = P(1 - \cos 2\omega t)$$
$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta$$

$$q = Q \cdot \sin 2\omega t$$
$$Q = V \cdot I \cdot \sin\theta$$

مثلث توان







"Lift" does not get you any closer to your destination,
but without it you are driving, not flying.

What would you think if, after you are in the air, the lift requirements changed and you discovered you did not have enough?

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

اثرات ضریب توان پایین

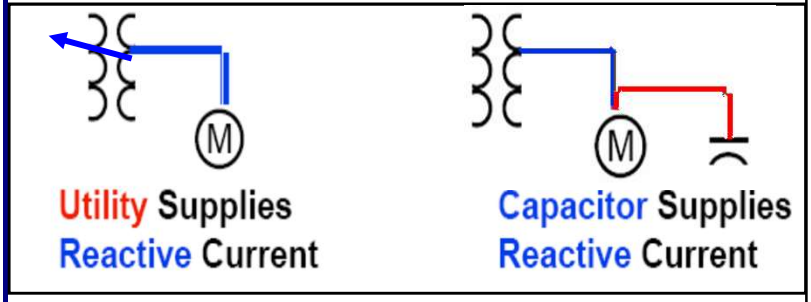
- افزایش تلفات در خطوط انتقال و توزیع و تجهیزات شبکه از جمله ترانسفورمرها
- اشغال ظرفیت شبکه (خطوط و تجهیزات)
- افت ولتاژ شبکه
- پرداخت هزینه اضافی (ضریب زیان)

تلفات در سیم کشی

- اصلاح ضریب قدرت در اندازه جریان و در نتیجه در تلفات اهمی تاثیر دارد.

نکته: درانتخاب سطح مقطع سیم ها و کابلها به ضریب قدرت بایستی توجه شود. چراکه انتخاب سطح مقطع بر اساس اندازه جریان انجام می شود. که بستگی به ضریب قدرت دارد.

جبرانسازی توان راکتیو با خازن



روشهای خازنگذاری

- **خازنگذاری جداگانه (بارها بصورت تکی)**
  - هر یک از مصرف کنندگان توان راکتیو توسط یک خازن جداگانه که به ترمینال آن متصل می شود جبرانسازی می شود.
- **خازنگذاری گروهی (مراکز بار)**
  - مصرف کنندگان توان راکتیو به گروههای مختلف تقسیم شده و با نصب بانکهای خازنی در مراکز بار جبرانسازی انجام می شود.
- **خازنگذاری کلی (پست ورودی)**
  - با نصب بانک خازنی در پست ورودی جبرانسازی انجام می شود.

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

خازنگذاری تکی

- **مزایا**
  - هر یک از خازنها همرا بار کلید زنی شده و به مدار می آید. و تجهیزات جانبی نیاز ندارد.
  - تلفات ناشی از توان راکتیو درشبکه به کمترین حد ممکن می رسد.
  - اشغال ظرفیت تجهیزات شبکه بواسطه توان راکتیو به کمترین حد ممکن می رسد.
  - افت ولتاژ شبکه به کمترین حد ممکن می رسد.
  - محاسبه و انتخاب اندازه خازنها آسان است.
- **معایب**
  - هزینه جبرانسازی با استفاده از خازنهای کوچکتر، بیشتر است.
  - نگهداری خازنها با توجه به گستره نصب آنها مشکل است.

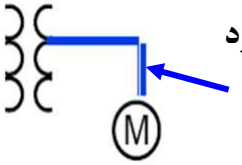
خازنگذاری گروهی

- **مزایا**
  - با توجه به ضریب همزمانی **ظرفیت کمتری از خازنها نیاز** است، که بصورت **بانک خازنی** نصب شده و با رگولاتور به مدار وارد یا از آن خارج می شوند.
  - **تلفات** ناشی از توان راکتیو درشبکه **کم** است.
  - **اشغال ظرفیت** تجهیزات شبکه بواسطه توان راکتیو **کم** است.
  - **افت ولتاژ** شبکه **کم** خواهد بود.
- **معایب**
  - **مزایای** جبرانسازی **نسبت به حالت تکی کمتر** است.
  - **نگهداری بانک خازنی** با توجه به اشکالاتی که در رگولاتور بوجود می آید گاها **مشکل** است.

خازنگذاری کلی

- **مزایا**
  - با توجه به ضریب همزمانی کل مصرف کنندگان ظرفیت خازنها و **هزینه** مربوط به آن، به **کمترین حد ممکن** می رسد،
- **معایب**
  - مشترک تنها جریمه پرداخت نمی کند و **از دیگر مزایای** جبرانسازی **بهره مند نمی شود.**
  - **نگهداری بانک خازنی** با توجه به اشکالاتی که در رگولاتور بوجود می آید گاها **مشکل** است.

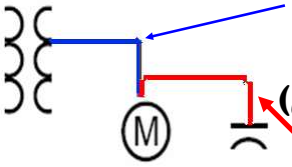
محاسبه ظرفیت خازن



توان راکتیوی که قبل از اصلاح از شبکه کشیده می شود

$$Q = P \times \tan \varphi$$

توان راکتیوی که بعد از اصلاح از شبکه کشیده می شود



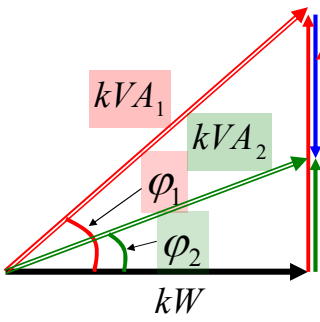
$$Q_2 = P \times \tan \varphi_2$$

توان راکتیوی که خازن تامین می کند. (ظرفیت خازن)

$$Q_C = Q - Q_2 = P \times (\tan \varphi - \tan \varphi_2)$$

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

محاسبه ظرفیت خازن



$$Q_1 = P \times \tan \varphi_1$$

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = P \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$Q_2 = P \times \tan \varphi_2$$

مثال جبرانسازی توان راکتیو با خازن

- یک مصرف کننده با مصرف توان اکتیو **2.4 MW** که در شرایط عادی ضریب توان آن **0.7** است،
- در نظر است برای اجتناب از جریمه، با استفاده از خازن ضریب توان آن به **0.9** برسد.

مثال جبرانسازی توان راکتیو با خازن

$$P = 2.4\ MW$$

$$Q_1 = P \times \tan\left(\arccos\left(0.7\right)\right) \quad = 2.448\ MVar$$

$$Q_2 = P \times \tan\left(\arccos\left(0.9\right)\right) \quad = 1.162\ MVar$$

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = 1.286\ MVar$$

ظرفیت خازن مورد نیاز (که استاندارد نیست)

- **خازن محاسبه شده استاندارد نیست، اگر از خازن استاندارد با ظرفیت ۱۵۰۰kVar استفاده شود.**

$$Q_C = 1500\ kVar$$

$$Q_2 = Q_1 - Q_C = 948\ kVar$$

$$Cos\ \varphi_2 = Cos\left(\arctan\left(\frac{Q_2}{P}\right)\right) = 0.93$$

اهمیت استفاده از سیمهای استاندارد با مقطع مناسب در ساختمان

صرفه جویی انرژی در سیم کشی و کابلها

- سطح مقطع مناسب
- اصلاح ضریب قدرت
- متعادل سازی بار

تلفات در خطوط انتقال و توزیع – سیم کشی داخلی

- تلفات اهمی $P_{loss} = R \cdot I^2$
- تلفات ادی (اثر پوستی) $R_{ac} > R_{DC}$

$$f \uparrow \Rightarrow R \uparrow \Rightarrow R \cdot I^2$$

- تلفات عایقی

تلفات در کابلها و سیمها

- با افزایش سطح مقطع مقاومت هادی کاهش یافته و تلفات کمتر می شود.
- انتخاب سطح مقطع صحیح اهمیت ویژه ای در کاهش تلفات انرژی دارد.
- انتخاب سطح مقطع کابل یا سیم بر اساس اندازه جریان انجام می شود.
- استفاده از کابل با سطح مقطع کم موجب گرم شدن بیش از حد کابل یا سیم می شود که افزایش مضاعف تلفات را در پی دارد.
- در این حالت علاوه بر افزایش تلفات، احتمال سوختن کابل یا سیم بالا می رود که موجب توقف تولید وحتی آتش سوزی می گردد.

مقاطع سیم در بخشهای مختلف سیم کشی ساختمان

نوع مدار	حداقل سطح مقطع یا قطر هادی
سیستم روشنایی	۱/۵ میلیمتر مربع
سیستم پریزها	۲/۵ میلیمتر مربع
سیستم تلفن یا فکس	۰/۶ میلیمتر
سیستم فراخوان و دربازکن:	
انشعاب اصلی	۱ میلیمتر مربع
انشعاب فرعی	۰/۵ میلیمتر مربع
سیستم ساعت مرکزی	۱/۵ میلیمتر مربع
سیستم اعلام و اطفای حریق	۱/۵ میلیمتر مربع
سیستم صوتی	۱ میلیمتر مربع

استاندارد سیمهای افشان

- استاندارد : ISIRI(607)02,06 – V.D – E0250
  - ولتاژ اسمی : ۴۵۰/۷۵۰, ۳۰۰/۵۰۰ ولت
  - ساختمان : هادی از جنس مس تابیده شده ،
  - عایق از جنس P.V.C
  - کاربرد : در تجهیزات سیم کشی داخل ساختمان و مدارهای الکتریکی

استاندارد سیمهای افشان

سطح مقطع اسمی	تعداد و قطر رشته ها	ضخامت عایق	وزن تقریبی	قطر متوسط سیم	ماکزیمم مقاومت هادی	جریان مجاز
			گرم بر متر	میلیمتر	میلی اهم بر متر	آمپر
0.5	0.20*16	0.6	9	2.2	39	6
0.75	0.20*24	0.6	11.5	2.4	26	9
1	0.20*32	0.6	14.5	2.5	19.5	11
1.5	0.25*30	0.7	20	3	13.3	16
2.5	0.25*50	0.8	33	3.7	7.98	21
4	0.30*56	0.8	49	4.2	4.95	27
6	0.30*84	0.8	69	4.8	3.3	35

نتایج اندازه گیری از چند نوع سیم موجود در بازار

- مقاومت کلاف ۱۰۰ متری (اهم)

سطح مقطع	1.5	2.5
استاندارد	1.33	0.8
مارک شماره ۱	1.8	1.3
مارک شماره ۲	1.6	1.2
مارک شماره ۳	2.4	1.6

تلفات ناشی از سیمهای غیر استاندارد

- میزان اتلاف ناشی از استفاده از سیمهای با مقطع کم و غیر استاندارد می تواند چند برابر افزایش یابد.

مقطع سیم	نوع سیم	طول سیم	جریان	مقاومت سیم	تلفات (وات)	تعداد ساعت در روز	تلفات ماهانه (کیلووات ساعت)
۱.۵	استاندارد	۲۵	۵	۱۳.۳	۱۶.۶	۱۰	۵.۰
	درجه ۲	۲۵	۵	۱۸	۲۲.۵	۱۰	۶.۸
	درجه ۳	۲۵	۵	۲۴	۳۰.۰	۱۰	۹.۰
۲.۵	استاندارد	۲۵	۵	۷.۹۸	۱۰.۰	۱۰	۳.۰
	درجه ۲	۲۵	۵	۱۳	۱۶.۳	۱۰	۴.۹
	درجه ۳	۲۵	۵	۱۶	۲۰.۰	۱۰	۶.۰

- گرم شدن سیمها موجب افزایش مضاعف تلفات در سیمهای غیر مناسب و غیر استاندارد می شود.

مقطع سیم	نوع سیم	طول سیم	جریان	مقاومت سیم	تلفات ماهانه (کیلووات ساعت)	افزایش دما (فرضی)	مقاومت سیم	تلفات ماهانه (کیلووات ساعت)
۱.۵	استاندارد	۲۵	۵	۱۳.۳	۵.۰	۵	۱۳.۷۵	۵.۲
	درجه ۲	۲۵	۵	۱۸	۶.۸	۱۵	۱۹.۸۴	۷.۴
	درجه ۳	۲۵	۵	۲۴	۹.۰	۲۵	۲۸.۰۸	۱۰.۵
۲.۵	استاندارد	۲۵	۵	۷.۹۸	۳.۰	۳	۸.۱۴	۳.۱
	درجه ۲	۲۵	۵	۱۳	۴.۹	۵	۱۳.۴۴	۵.۰
	درجه ۳	۲۵	۵	۱۶	۶.۰	۱۲	۱۷.۳۱	۶.۵

اهمیت تقسیم بار صحیح در تابلوها و تعادل ولتاژ و جریان در سه فاز

- نامتعادلی جریان موجب افزایش تلفات اهمی در سیم های ساختمان می شود.
  - افزایش تلفات ناشی از نا متعادلی بسیار قابل توجه است بطوریکه تلفات بواسطه عدم تعادل جریان حتی تا ۹ برابر افزایش می یابد.
- نامتعادلی ولتاژ از دیدگاه بارهای موتوری اهمیت ویژه ای دارد و موجب افزایش تلفات و نیز کاهش قدرت واقعی الکتروموتور می گردد.
  - نا متعادلی ولتاژ ۵٪ موجب کاهش توان نامی الکتروموتور به کمتر از ۸۰٪ مقدار نامی آن می شود. این امر می تواند منجر به سوختن الکتروموتور شود.

نامتعادلی در سیمها و کابلها

تلفات در حالت بار متعادل

$$P_{loss} = R \times \left(3 \times I_{avg}^2\right)$$

تلفات در حالت بار نامتعادل
(سیم نول هم سایز با سیم فازها)

$$P_{loss} = R \times \left(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_n^2\right)$$

کاهش تلفات با متعادل سازی

$$\frac{\left(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_n^2\right) - \left(3 \times I_{avg}^2\right)}{\left(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_n^2\right)} \times 100$$

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

نامتعادلی در کابلها

- یک کابل با مقاومت ۱ اهم را در نظر بگیرید که بارهایی که مجموع جریان آنها ۱۵ آمپر است را تغذیه می کند.
- وضعیت تلفات در سه حالت – متعادل – نامتعادل – کاملا نامتعادل در جدول زیر آورده شده است.

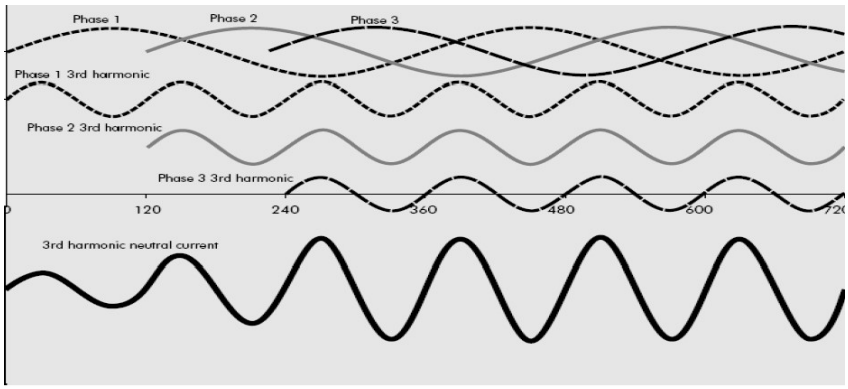
	نسبت تلفات	کل تلفات	تلفات نول	تلفات فاز ۳	تلفات فاز ۲	تلفات فاز ۱	نول	فاز۳	فاز۲	فاز۱
متعادل	100	75	0	25	25	25	0	5	5	5
نامتعادل	225	169	56.3	0	56.3	56.3	7.5	0	7.5	7.5
نامتعادل شدید	600	450	225	0	0	225	15	0	0	15

تفکیک مدارها بر اساس کاربرد

- در صورت تفکیک مدارها بر اساس کاربرد می توان برق مصارفی همچون فن کویلها را بعد از وقت اداری قطع کرد.

افزایش جریان سیم نول

- وجود هارمونیک سوم باعث افزایش جریان سیم نول می شود



راهکارهای حذف هارمونیک

- بکارگیری فیلترهای پسیو
- بکارگیری عناصر FACTS و فیلترهای اکتیو

فیلتر پسیو

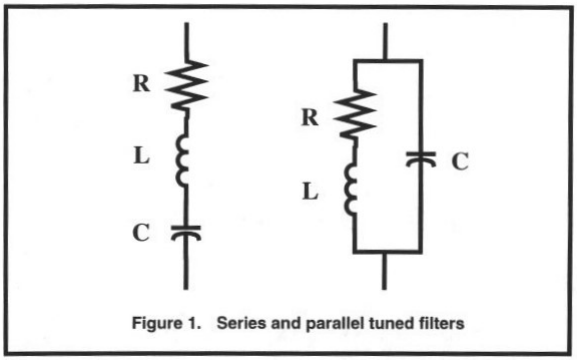
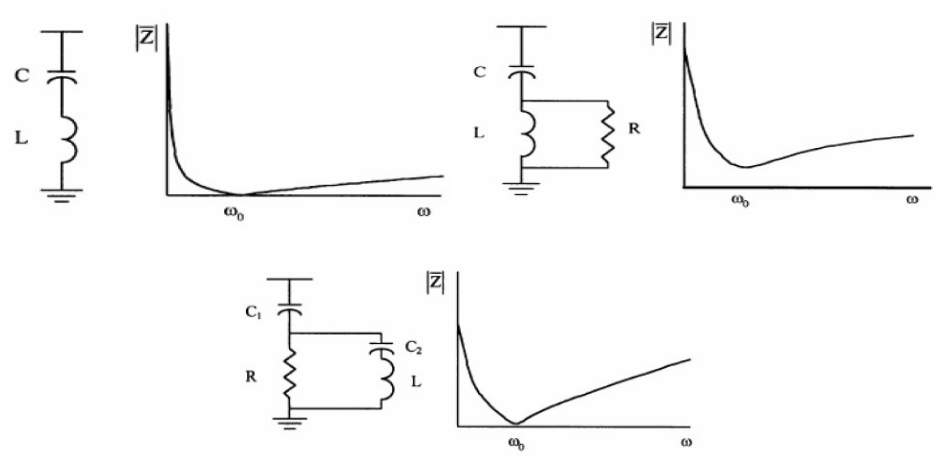
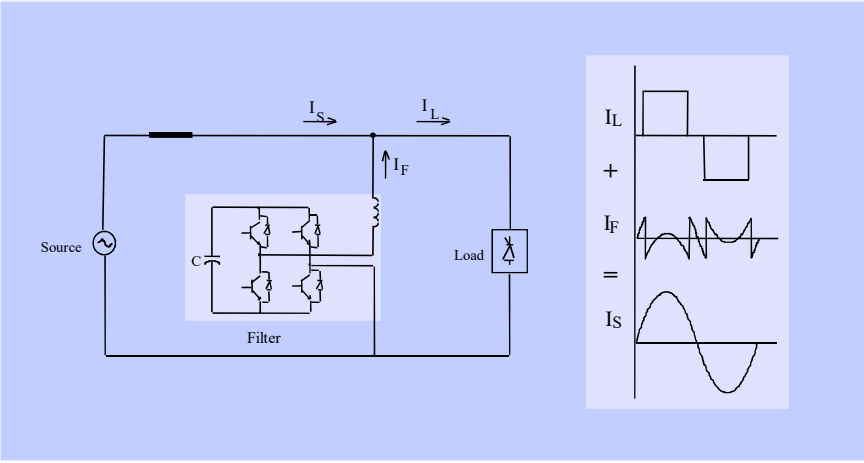


Figure 1. Series and parallel tuned filters

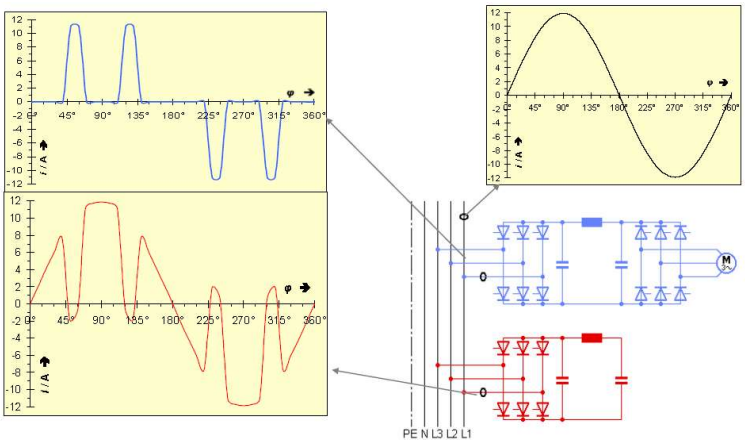
فیلتر پسیو



ساختار فیلتر اکتیو موازی



روش نصب و نحوه عملکرد فیلتر اکتیو موازی



چگونگی کار فیلتر اکتیو موازی