

بررسی نتایج حاصل از ممیزی انرژی در بخش برق ۳۰ کارخانه آجر ماشینی کشور

جلال برجیزاده ، احسان رومیزاده ، علی محمد میرشمس

شرکت مهندسی آسیاوات - گروه تحقیق و پژوهش

E-Mail:info@asiawatt.com

تلفن: ۰۲۱-۸۸۷۷۸۰۱۴

مقدمه

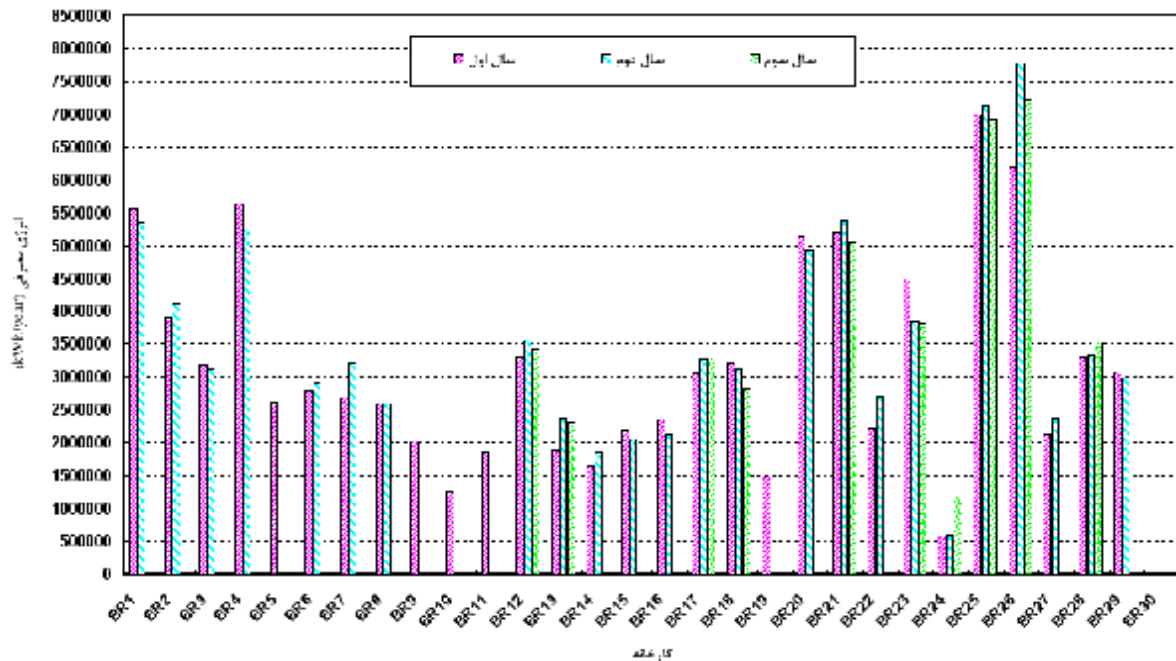
صنعت آجر از صنایع انرژی بر کشور محسوب میشود که از بزرگترین و پر شمارترین واحدهای صنعتی میباشد. هرچند مصرف انرژی الکتریکی در این واحدها به اندازه مصرف انرژی فسیلی قابل توجه نیست، ولی با توجه به ممیزیهای متعدد صورت گرفته در این کارخانجات، نکات شاخصی در مصرف انرژی الکتریکی آنها وجود دارد که با رعایت آن میتوان صرفهجویی نسبتاً خوبی در مصرف این انرژی به عمل آورد. در ادامه گزیده‌های از نتایج ممیزی ۳۰ کارخانه آجر را در بخش انرژی الکتریکی مورد بررسی قرار میدهم.

واژه‌های کلیدی: آجر، مصرف ویژه انرژی، دیماندا، گزینه

۱- بررسی الگوی مصرف انرژی الکتریکی در کارخانجات آجر

تکنولوژیهای مختلف تجهیزات کارخانجات آجر و ظرفیت تولید آنها به همراه تنوع محصولات این بخش موجب شده تا الگوی مصرف انرژی الکتریکی نیز در واحدهای مختلف تولیدی متفاوت باشد. با

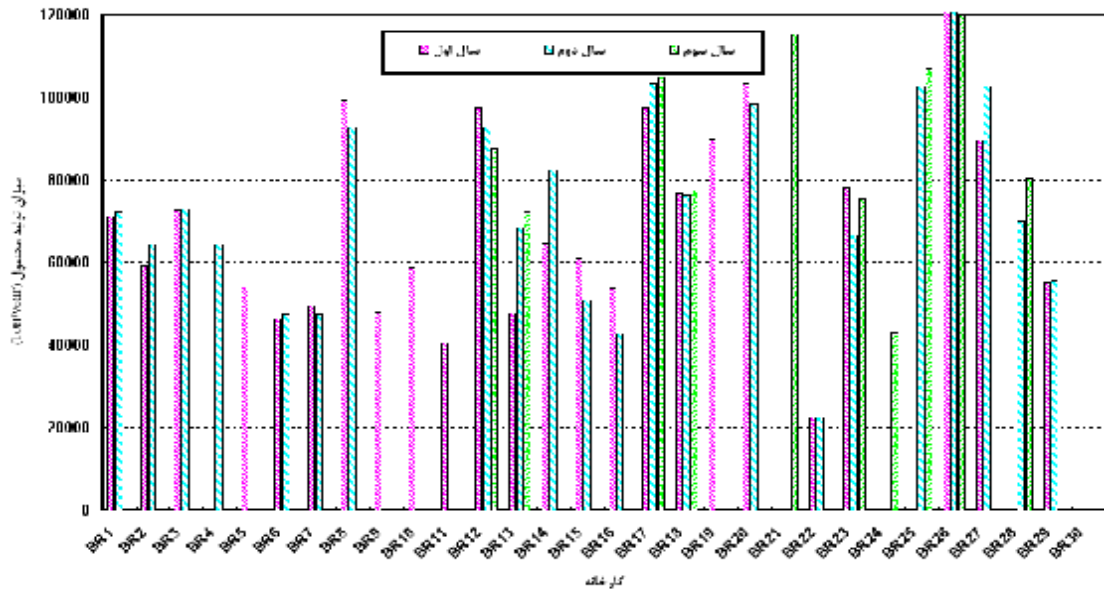
توجه به تکنولوژی تولید هر کارخانه و تجهیزات الکتریکی موجود در آن و همچنین نحوه عملکرد و ساعات کارکرد، میزان توان مورد نیاز و انرژی الکتریکی مصرفی هر یک از واحدها با یکدیگر فرق دارد. با در نظر گرفتن این موضوع، در شکل (۱) میزان انرژی الکتریکی مصرفی سالیانه کارخانجات ممیزی شده قابل مشاهده است. بدلیل عدم وجود آمار کامل برای برخی کارخانجات، تنها مصارف پیشین یک یا دو سال آنها ارائه شده است. در این میان برخی کارخانجات نیز تنها قبوض تعدادی از دورهها را ارائه نمودهاند و انرژی الکتریکی مصرفی آنها محدود به چند ماه بوده و سالیانه نمیباشد.



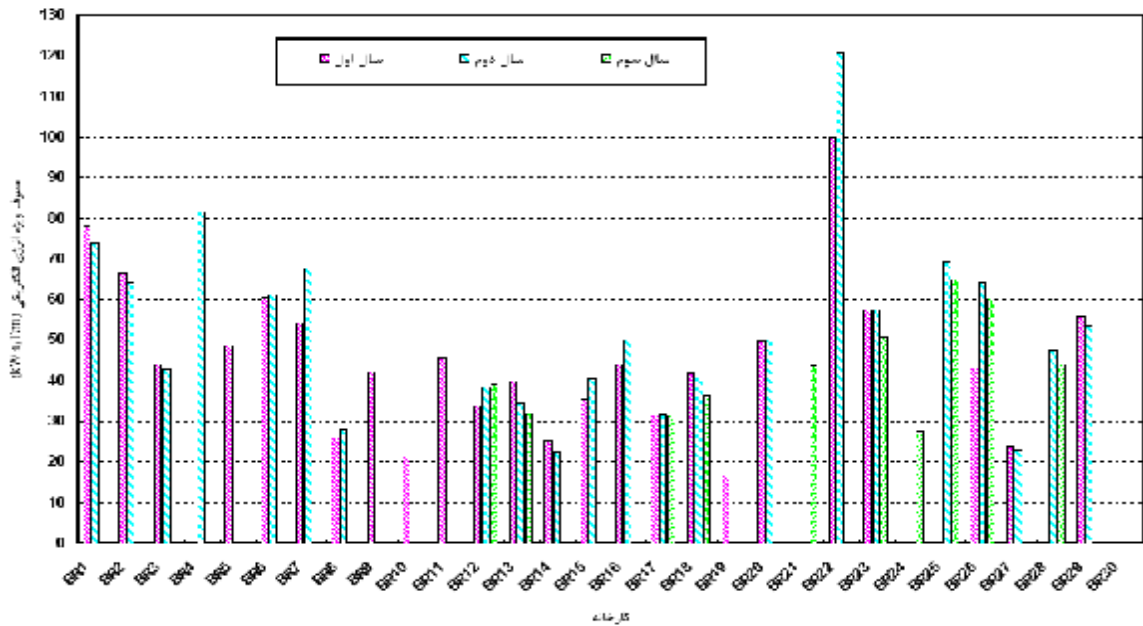
شکل (۱): الگوی مصرف انرژی الکتریکی در کارخانجات مختلف آجر

۲- بررسی مصرف ویژه انرژی الکتریکی در کارخانجات آجر

بر اساس تعریف، مصرف ویژه انرژی (SEC) به معنای میزان مصرف انرژی به ازای واحد محصول تولیدی میباشد. بر پایه آمار تولید کارخانجات در طی دورههای مختلف، میزان تولید آنها در شکل (۲) ارائه گردیده است. با در نظر گرفتن ظرفیت هر یک از کارخانجات و نوع محصول تولیدی آنها، میزان مصرف ویژه انرژی الکتریکی به ازای تولید محصول برای هر یک متفاوت می باشد. بنابراین در زمان مقایسه مصرف ویژه انرژی الکتریکی هر یک از کارخانجات که نمودار آن در شکل (۳) ارائه گردیده است، باید نوع محصول تولیدی آن واحد مد نظر قرار گیرد.



شکل (۲): میزان تولید محصول کارخانجات مختلف آجر.



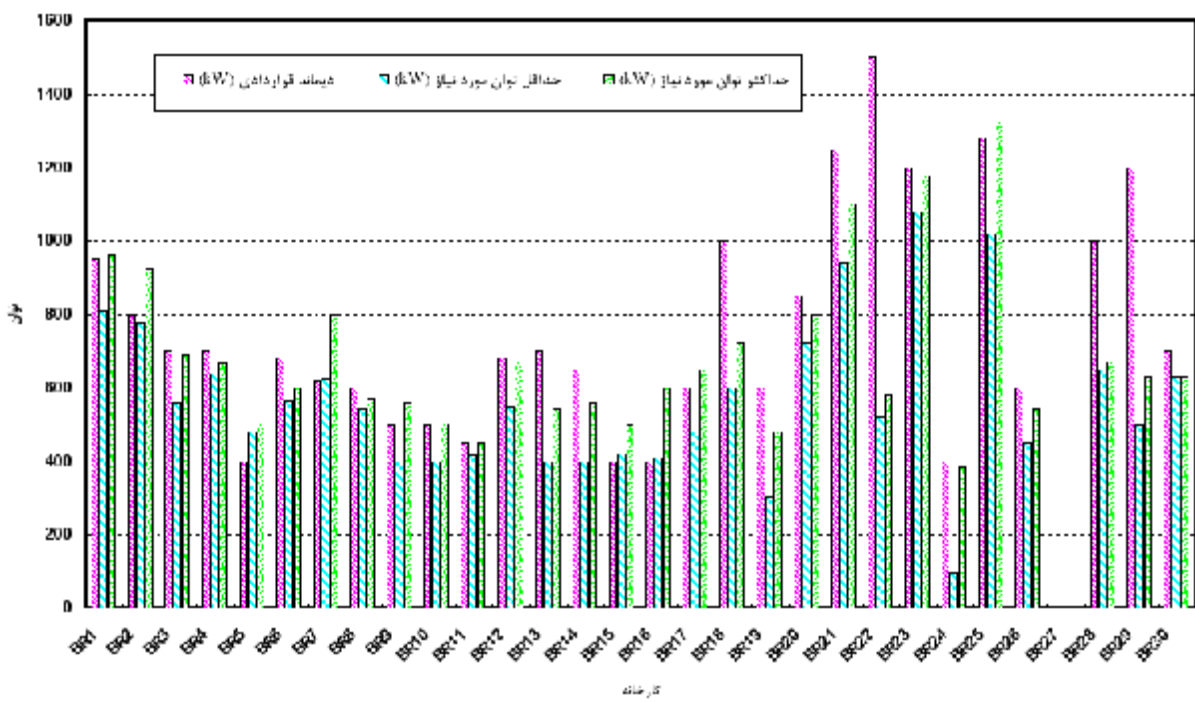
شکل (۳): مصرف ویژه انرژی الکتریکی کارخانجات مختلف آجر.

۳- راهکارهای کاهش هزینه برق تولید محصول

۳-۱- انتخاب دیماند مناسب

آن بخش از تأسیسات و هزینه‌ها که به مشترک یا گروه محدودی از مشترکین مربوط نمی‌شود (مانند هزینه‌های سرمایه‌گذاری ثابت در تأسیسات تولید و انتقال) عموماً بعنوان بهای دیماند از مشترکین دریافت می‌شود. بدین ترتیب هزینه‌های ثابت که بخش عمده‌ای از هزینه‌های صنعت برق را تشکیل می‌دهد، تحت عنوان بهای دیماند از مشترکین اخذ می‌گردد. نظر به اینکه بخش عمده‌ای از هزینه‌های برق مشترکین دیماندی مربوط به هزینه دیماند آنها می‌باشد انتخاب صحیح دیماند

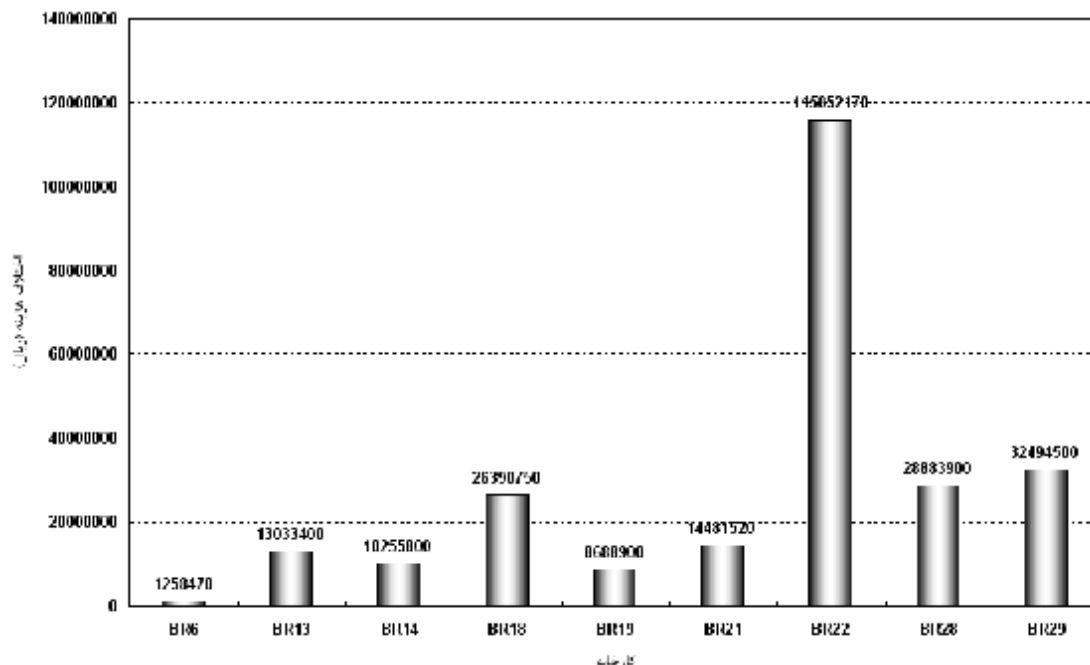
قراردادی تأثیر بسیار زیادی در کاهش هزینه برق دارد. معمولاً میزان دیماند باید بر اساس ماکزیمم مصرف برق در طول یک دوره برآورد می‌گردد و انتخاب دیماند بالاتر از ماکزیمم مصرف برق هیچگونه مزیتی برای مشترک نداشته و تنها هزینه برق مشترک را افزایش می‌دهد. با توجه به آییننامه شرکت برق منطقهای، قدرت مورد محاسبه در بهای قدرت (دیماند)، میزان دیماند خریداری شده است، مگر آن که قدرت قرائت شده از ۹۰ درصد قدرت قراردادی کمتر باشد که در اینصورت ۹۰ درصد قدرت قراردادی مورد محاسبه قرار خواهد گرفت. در شکل (۴) میتوان میزان دیماند قراردادی هر یک از کارخانجات ممیزی شده و حداقل و حداکثر توان مورد نیاز ثبت شده طی یک دوره زمانی چند ساله را مشاهده نمود.



شکل (۴): تغییرات توان مورد نیاز کارخانجات مختلف آجر با توجه به دیماند قراردادی.

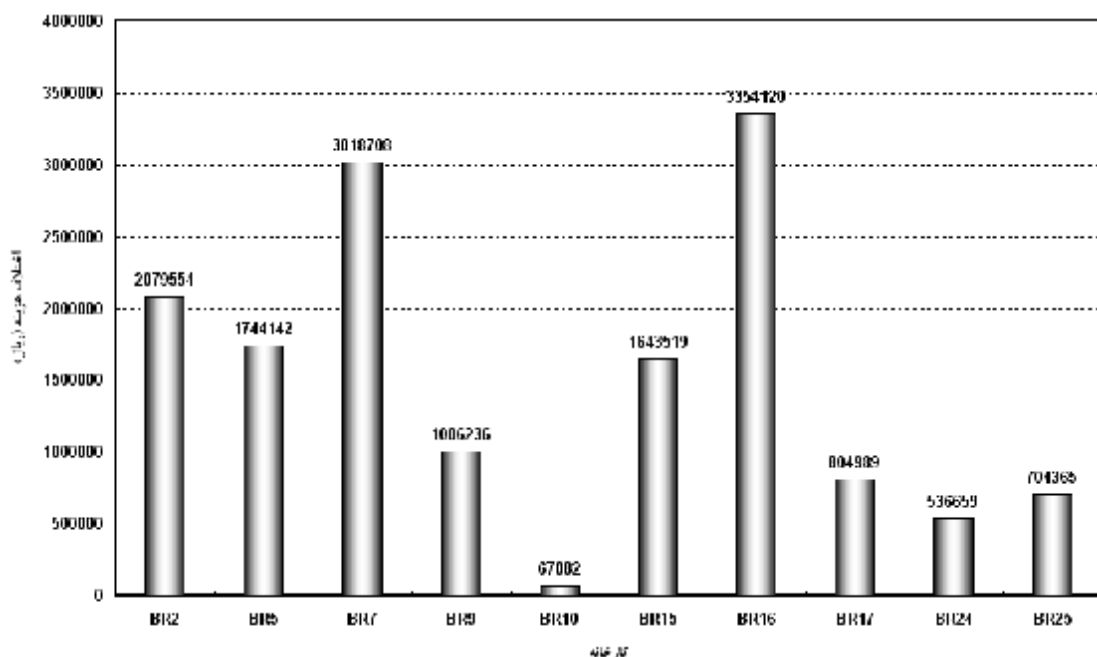
همانگونه که در این نمودار ملاحظه میشود، میان توان مورد نیاز برخی کارخانجات و میزان دیماند قراردادی آنها اختلاف محسوسی وجود دارد و در برخی کارخانجات میزان دیماند قراردادی بالاتر از حداکثر توان مورد نیاز مجموعه است. لذا هر ماه مبلغ قابل ملاحظه‌ای از هزینه برق کارخانه مربوط به دیماند اضافی می‌باشد که مجموعه هیچ استفاده‌ای از آن ننموده است و کاهش دیماند، موثرترین راهکار جهت کاهش هزینه برق مجموعه محسوب می‌گردد. برای مصرف‌کننده‌های با تعرفه صنعتی، دو روش برای کاهش دیماند و هزینه آن وجود دارد. ۱- کاهش دائم دیماند. ۲- کاهش موقت دیماند. با توجه به اینکه یک مصرف‌کننده برق صنعتی از چه طبیعت کاری برخوردار است و چه طرح‌های توسعه‌ای برای آن طی سال‌های آینده در نظر گرفته شده است، قادر به انتخاب یکی از دو روش فوق می‌باشد. در صورتیکه برای یک مصرف‌کننده طرح توسعه جدی تعریف شده باشد (پیش‌بینی طرح توسعه و افزایش مصرف برق)، کاهش موقت دیماند مقرون به صرفه است.

در شکل (۵) میتوان میزان افزایش هزینههای برق برخی کارخانجاتی که دارای دیماند قراردادی بالاتر از توان مورد نیازشان میباشند را مشاهده نمود. نکته قابل توجه در زمینه کاهش موقت دیماند این است که برای کاهش این میزان هزینه برق نیاز به هیچگونه سرمایه‌گذاری نبوده و تنها کافی است درخواستی مبنی بر کاهش موقت دیماند به شرکت برق استان ارسال گردد.



شکل (۵): میزان افزایش هزینههای برق برخی کارخانجات در اثر داشتن دیماند بالاتر از حد مورد نیاز.

همانگونه که انتخاب دیماند بالاتر از میزان توان مورد نیاز مجموعه موجب افزایش هزینههای برق مصرفی میگردد، انتخاب دیماند پایینتر از حد مورد نیاز نیز باعث افزایش هزینههای انرژی الکتریکی مصرفی کارخانه میشود. از آنجایی که بهای دیماند اضافی مصرفی نسبت به دیماند قراردادی بر اساس نرخ تعرفه آزاد محاسبه میشود، این امر موجب افزایش قابل ملاحظه هزینههای برق مصرفی میگردد. بر اساس آییننامه برق منطقهای، بهای دیماند در تعرفه آزاد بخش صنعت و معدن برای مشترکینی نظیر کارخانجات آجر برابر $28640/7$ ریال میباشد. این در حالیست که هم اکنون بهای دیماند مشترکین بخش صنعت و معدن برابر $11870/1$ ریال محاسبه میشود. در نمودار ارائه شده برای بررسی تغییرات دیماند نیز میتوان ملاحظه نمود که توان مورد نیاز برخی کارخانجات بالاتر از دیماند قراردادی آنها بوده است. با توجه به اضافه دیماند مصرفی کارخانه نسبت به دیماند قراردادی مجموعه در هر ماه، میزان اختلاف هزینههای برق در هر ماه برآورد میگردد. بنابراین میزان کاهش هزینهها با خرید دیماند مورد نیاز و محاسبه قیمت آن بر اساس تعرفه صنعت مشخص میشود. با در نظر گرفتن قیمت خرید دیماند از شرکت برق منطقهای، میتوان هزینه افزایش دیماند کارخانه را محاسبه و با توجه به میزان صرفهجویی صورت گرفته، زمان بازگشت سرمایه انجام این کار را برآورد نمود. در شکل (۶) میتوان میزان افزایش هزینههای برق برخی کارخانجاتی که دارای دیماند قراردادی پایینتر از توان مورد نیازشان میباشند را مشاهده نمود.

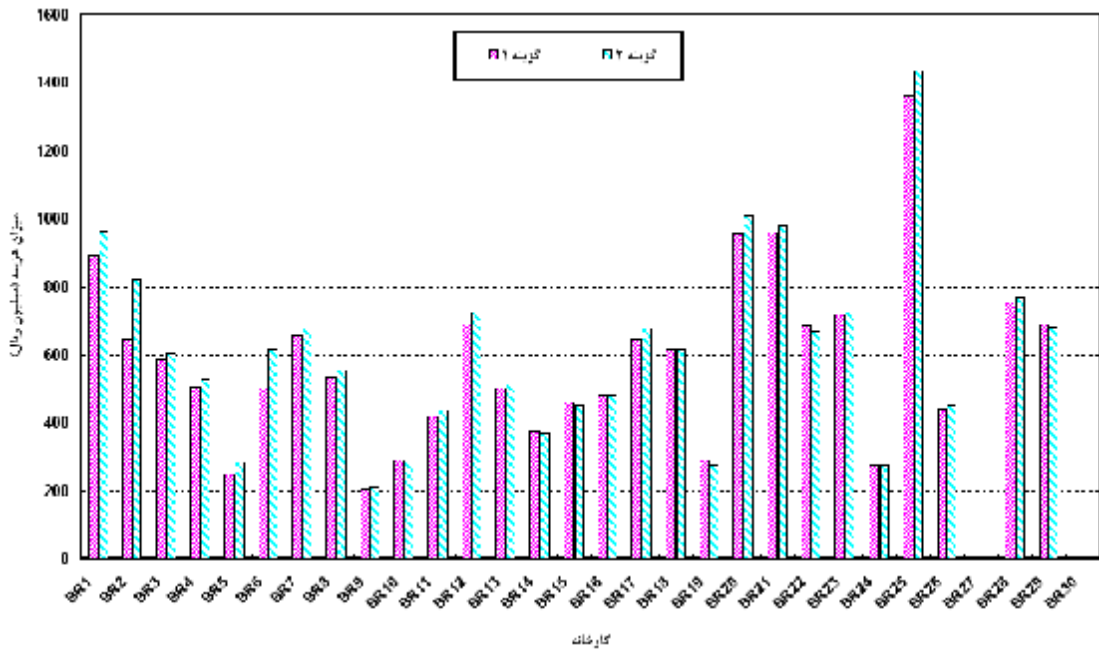


شکل (۶): میزان افزایش هزینه‌های برق برخی کارخانجات در اثر داشتن دیماند پایینتر از حد مورد نیاز.

۲-۳- انتخاب تعرفه و گزینه مناسب برای انشعاب شبکه

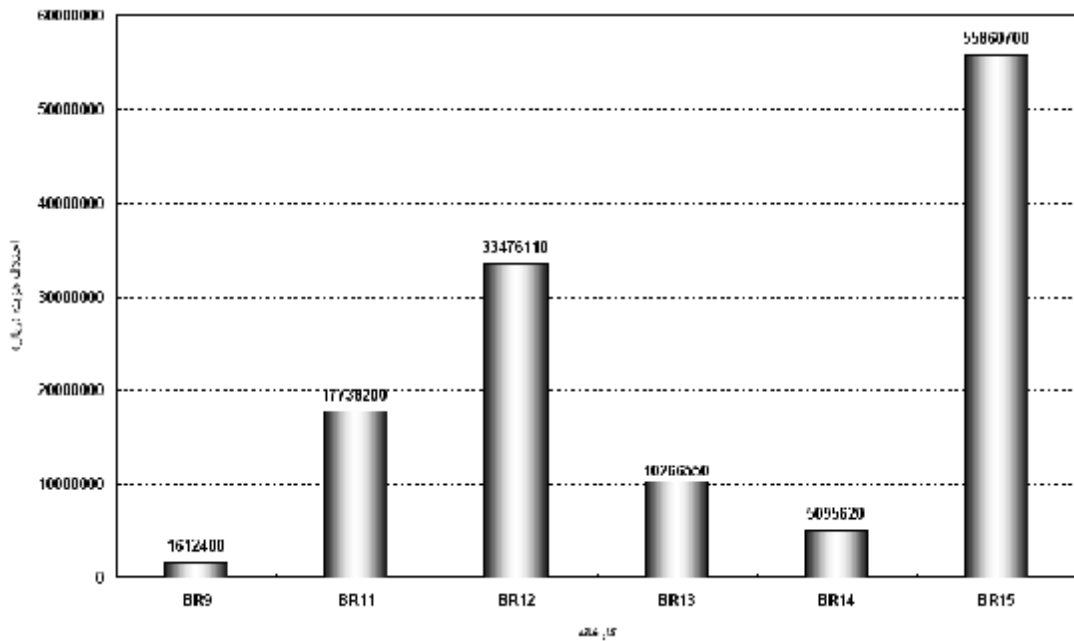
با توجه به آییننامه شرکت برق منطق‌های و نوع اشتراک کارخانجات آجر، این مجموعه‌های تولیدی مشمول تعرفه صنعت و معدن (تعرفه شماره ۴) می‌گردند و با در نظر گرفتن سطح ولتاژ تحویلی به اکثر آنها (۲۰ کیلوولت)، جزو زیرمجموعه ۳-۴ این تعرفه محسوب می‌شوند. از آنجائیکه در بخش صنعت بدلیل تنوع پروژه تولید، الگوهای مصرف انرژی الکتریکی متفاوت می‌باشد، لذا در آیین‌نامه تعرفه‌های شرکت‌های برق، امکان انتخاب در گزینه جهت محاسبه هزینه انرژی مصرفی در نظر گرفته شده است. بنابراین انتخاب گزینه و تعرفه مناسب، کمک شایانی به کاهش هزینه‌ها در بخش انرژی الکتریکی می‌نماید زیرا هر یک از گزینه‌های انتخابی برای یک نوع الگوی مصرف مقرون به صرفه‌تر است.

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته بر روی قبوض صادره برای کارخانجات آجر ممیزی شده، در شکل (۷) میتوان نتایج محاسبات هزینه‌های برق هر یک از آنها را بر اساس گزینه‌های موجود مشاهده نمود. در این نمودار مشخص میباشد که برای اکثر کارخانجات، گزینه ۱ از نظر اقتصادی مناسبتر بوده و میزان اختلاف هزینه‌ها با انتخاب هر یک از آنها در برخی موارد بسیار چشمگیر است. البته بررسی‌ها نشان میدهد که در برخی از کارخانجات آنها اقتصادیتر میباشد. اما اگر به نمودار ارائه شده برای دیماند کارخانجات مراجعه گردد، میتوان ملاحظه نمود که این دسته از کارخانجات، در گروهی قرار دارند که دیماند قراردادی آنها بالاتر از توان مورد نیازشان میباشد. در شکل (۸) می‌توان میزان هزینه تحمیلی برخی کارخانجاتی که گزینه اشتباه را انتخاب نموده اند را مشاهده نمود.



ش

کل (۷): میزان هزینه های انرژی الکتریکی کارخانجات مختلف بر اساس گزینه انتخابی.



شکل (۸): میزان افزایش هزینه های برق برخی کارخانجات در اثر انتخاب گزینه اشتباه.

۳-۳- کاهش مصرف در ساعات پیک شبکه

هدف اصلی از کاهش مصرف برق در ساعات پیک برای یک مصرفکننده برق، کاهش هزینه می باشد. بر اساس تعرفه های برق سال ۱۳۸۳ توانیر، برای یک مصرفکننده بخش صنعت در صورت استفاده از کنتور سه تعرفه، هزینه هر کیلووات ساعت برق مصرفی در ساعات پیک ۳/۳ برابر هزینه برق در ساعات عادی و حدود ۱۳ برابر ساعات کمباری می باشد. لذا این موضوع سبب گردیده است که مصرفکنندگان برق برای کاهش هزینه ها، حداکثر تلاش خود را در جهت کاهش مصرف برق در

ساعات پیک بکار بندند. در این راستا، مصرفکنندگانی که امکان جابجایی بخشی از بارهای خود از ساعات پیک به ساعات غیرپیک را داشته باشند، میتوانند با یک برنامه‌ریزی صحیح بخش قابل ملاحظه‌ای از هزینه‌های برق خود را کاهش دهند.

برای صنایع و مصرفکنندگانی که از یک پروسه تولید پیوسته برخوردار می‌باشند، امکان جابجایی زمان کارکرد بعضی از بارها بعلاوه پیوسته بودن پروسه تولید کمتر می‌باشد و این جابجایی بیشتر برای بارهایی که در پروسه تولید بطور مستقیم دخیل نمی‌باشند، امکان‌پذیر است. بررسی‌های صورت گرفته در کارخانجات مختلف نشان می‌دهد که سیلوی میانی در برخی از این واحدها نصب گردیده که این امر میتواند کمک شایانی به کنترل مصرف انرژی الکتریکی در ساعات پیک بنماید. با وجود این سیلو، میتوان ضمن پر کردن آن طی ساعات عادی یا کمباری شبکه، در ساعات پیک تجهیزات ما قبل آن را از مدار خارج نمود و گل دپو شده را مورد استفاده قرار داد. بنابراین هر چه حجم این مخزن بیشتر باشد، ساعات بیشتری را پوشش داده و میزان ساعاتی که میتوان تجهیزات را از مدار خارج نمود، افزایش مییابد. لذا توصیه میگردد که کارخانجات فاقد این سیلو نسبت به نصب آن اقدام نمایند و کارخانجات دارای این تجهیز نیز در صورت نیاز، ظرفیت آن را افزایش دهند.

۴- راهکارهای کاهش انرژی الکتریکی مصرفی

راهکارهای ارائه شده در این قسمت عمومی بوده و شامل کلیه الکتروموتورهای صنعتی است. هرچند این راهکارها بسیار بدیهی است ولی کمتر مورد توجه قرار میگیرند که اهم آن عبارت است از:

- رسیدگی به وضعیت تهویه موتور
- کاهش اصطکاک در موتور
- بکارگیری موتورهای در شرایط بار نامی
- بهبود راندمان انتقال توان تسمه‌ها و پولی‌ها
- بکارگیری موتور در حالت اتصال ستاره
- کار در ولتاژ ثابت

۴-۱- راهکارهای عمومی کاهش مصرف برق در کارخانجات آجر

- با توجه به مطالب گفته شده، پیشنهادات زیر جهت بهبود عملکرد موتورهای ارائه می‌گردد.
- اگر موتوری Oversize است و میزان بار قرار گرفته بر روی شفت بطور دائمی کمتر از ۳۰٪ بار نامی می‌باشد، لازم است تا اتصال آن بطور همیشگی بحالت ستاره تبدیل شود و از حالت اتصال مثلث استفاده نگردد.
 - اگر بار یک موتور در حالت نرمال کمتر از ۳۰٪ بار نامی است اما مقدار گشتاور مورد نیاز آن در لحظه راه‌اندازی (استارت) زیاد می‌باشد، ابتدا موتور باید با یک راه‌انداز مناسب استارت گردد و پس از بکار افتادن موتور، بصورت اتوماتیک اتصال آن از حالت مثلث به حالت ستاره تغییر یابد که جهت این کار می‌توان از تایمر یا سنسور جریان استفاده نمود.

• اگر میزان بار موتور کمتر از ۳۰٪ بار نامی می‌باشد اما میزان بار در حدود ۵۰٪ زمان کارکرد افزایشی محسوس دارد، لازم است تا تجهیزات کلیدزنی اتوماتیک جهت تغییر اتصال از حالت ستاره به مثلث و بالعکس (بر پایه سنسور جریان یا بار) مورد استفاده قرار گیرد. اما باید توجه داشت که کنتاکتورهای تجهیزات تغییر حالت اتصال به مرور زمان دچار اشکال شده و جهت دستیابی به بیشترین صرفه‌جویی انرژی لازم است که اغلب کنتاکتورهای جدید با صرف مقداری هزینه جایگزین کنتاکتورهای قدیمی گردند.

• اگر مقدار بار موتور بالاتر از ۳۰٪ بار نامی می‌باشد و همیشه در همین حدود است و گاهی اوقات به کمتر از ۳۰٪ می‌رسد، استفاده از تجهیزات تغییر حالت اتصال می‌تواند غیراقتصادی و توجیه‌ناپذیر باشد.

در بعضی زمانها، ناچار به استفاده از موتورهای بزرگتر نسبت به بار می‌باشیم که در صنعت آجر این نمونه را می‌توان در آسیابها و کلوخشکنها مشاهده نمود. در جدول (۱) نتایج مقایسه توان نامی و توان کاری موتور آسیابها در زمان بهره‌برداری برای کارخانجات مختلف ارائه شده است.

جدول (۱): مقایسه توان نامی و توان مصرفی موتور آسیابها (والس) در کارخانجات ممیزی شده.

والس شماره (۲)		والس شماره (۱)		موتور دوم (kW)		موتور اول (kW)		نام کارخانه
کارکرد	نامی	کارکرد	نامی	کارکرد	نامی	کارکرد	نامی	
۱۰	۷۵	۱۷	۷۵	۸	۵۵	۱۴	۹۰	BR1
۹۰	۹۰	۴۰	۵۵	۱۵	۵۵	۱۱	۵۵	BR2
۷	۵۵	۶	۹۰	۸	۳۷	۱۸	۳۷	BR3
۲۹	۳۷	۷	۳۷	۹	۳۷	۹	۳۷	BR5
۲۵	۳۷	۴	۳۷	۴	۴۵	۱۰	۵۵	BR6
۶	۵۵	۴۰	۹۰	-	-	۳۷	۹۰	BR7
-	-	-	-	۲۰	۵۵	۶	۵۵	BR8
-	-	-	-	۳۰	۵۵	۲۷	۵۵	BR9
-	-	-	-	۸	۵۵	۸	۴۵	BR10
۱۰	۴۵	۵	۴۵	۸	۴۵	۴۳	۷۵	BR11
۱۵	۵۵	۱۰	۵۵	۷	۷۵	۴	۷۵	BR12
۱۳	۴۵	۱۶	۴۵	۱۱	۴۵	۱۴	۴۵	BR13
۱۴	۴۵	۴	۴۵	۴	۴۵	۵	۴۵	BR14
۶	۵۵	۷	۵۵	-	-	۱۱	۴۵	BR15
۱۱	۳۷	۱۵	۴۵	۱۲	۵۵	۵	۴۵	BR17
-	-	-	-	۵۲	۷۵	۲۲	۵۵	BR18
۳۰	۳۰	۱۱	۳۰	۱۰	۳۷	۱۹	۳۷	BR19
۲۰	۷۵	۲۰	۷۵	۵	۹۰	۱۰	۵۵	BR20
۱۹	۱۱۰	۱۸	۱۱۰	۷	۵۵	۳۵	۵۵	BR21

۲۳	۱۱۰	۲۴	۱۱۰	۱۶	۵۵	۱۴	۱۱۰	BR23
۲۲	۳۷	۵	۳۰	-	-	۲۵	۳۷	BR24
۲۹	۵۵	۲۹	۷۵	۲۰	۵۵	۳۴	۷۵	BR25

۲-۴- راه کار عملی صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی در کوره ها

با توجه به اینکه اغلب موتورهای نصب شده در آگروز فن این نوع کوره بزرگتر از نیاز هستند و توان مصرفی آنها کمتر از توان نامی می باشد لذا باعث کاهش راندمان موتور و در نتیجه افزایش مصرف برق می شود. در حال حاضر یکی از تولیدکنندگان تجهیزات کارخانجات آجر، سیستمی را طراحی کرده است که شامل کل تجهیزات آگروز فن شامل موتور محرک، فن و سایر تجهیزات می باشد و با توان مصرفی کمتر و جریان های راه انداز و کارکرد پایین، از نظر مکش هوا مشابه موتورهای موجود کنونی عمل می کند. توان نامی این موتور برای کوره های کوچکتر ۵/۵ kW و برای کوره های بزرگتر ۷/۵ kW توان مصرف می کند. مزایای این سیستم بطور خلاصه بشرح زیر می باشد:

۱- افزایش راندمان

۲- کاهش مصرف انرژی الکتریکی

۳- تأمین نیاز مکش هوا (مشابه سیستم قبلی)

۴- کاهش هزینه های جانبی

هزینه این سیستم همراه با تابلو کنترل آن، ۲۶/۰۰۰/۰۰۰ ریال می باشد. میزان صرفه جویی در مصرف انرژی و مدت زمان بازگشت سرمایه گذاری صورت گرفته با توجه به توان موتورهای فعلی فن کوره ها، متغیر خواهد بود. بررسی های صورت گرفته نشان می دهند که در کارخانجات مختلف، مدت زمان بازگشت سرمایه انجام این راهکار بین ۱ تا ۲ سال می باشد.

- نتیجه گیری

هر چند مصرف انرژی الکتریکی و تلفات آن در کارخانجات آجر چندان قابل توجه نیست، ولی با رعایت نکات ابتدایی میتوان در هزینه های مرتبط با این بخش نیز صرفه جویی نمود.