

## تأثیر دوره زمانی اندازه‌گیری دیماند مصرف در مقدار تلفات توان

قدرت‌اله حیدری محمد هاشمیان  
شرکت متن - بخش انتقال و توزیع نیرو

واژه های کلیدی: پیک بار ، دیماند مصرف ، دوره زمانی ، تلفات توان ، ضریب بار و تلفات

### چکیده

در برنامه‌ریزی و تنظیم تولید نیروگاه‌ها در ساعات پیک شبکه سراسری برق، یکی از فاکتورهای مهم، تلفات در ساعات پیک می‌باشد. با توجه به اینکه تلفات با مجذور توان انتقالی وابسته است، در نتیجه تلفات در ساعات پیک نیز بالاترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد.

گرچه محاسبه تلفات توان کاری است به ظاهر ساده، اما اگر مقادیر واقعی مقاومت هادی‌ها و جریان فازها در محاسبات اعمال نگردد، مقدار تلفات توان نیز با دقت خوبی محاسبه نمی‌گردد و همین باعث بروز اشتباه در ارزیابی تلفات می‌گردد. با توجه به اینکه دیماند یا پیک مصرف برق دائماً در حال تغییر است، لذا تغییرات تلفات توان را نیز به‌همراه دارد. لذا این پرسش مطرح می‌گردد:

پیک بار یا ماکزیمم مصرف چگونه باید اندازه‌گیری شود؟

گرچه لوازم و تجهیزات متعددی برای اندازه‌گیری دیماند مصرف برق وجود دارد، اما در کلیه تجهیزات، اندازه‌گیری دیماند در یک برهه زمانی خاصی انجام می‌شود یا به

عبارت دیگر میانگین انرژی در یک دوره زمانی مشخص (Interval time) به عنوان پیک بار اطلاق می‌شود. طبیعی است هر چه دوره میانگین‌گیری طولانی‌تر و تغییرات بار شدیدتر باشد، عددی که بعنوان پیک بار محاسبه می‌شود، دارای فاصله بیشتری با مقادیر پیک بار لحظه‌ای است که می‌تواند عاملی جهت افزایش تلفات توان گردد [۲ و ۳]. در این مقاله پیک بار یک مشترک صنعتی واقع در شبکه برق تهران، با توجه به دوره‌های مختلف زمانی اندازه‌گیری و مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش دوره زمانی از رقم ۱۵ به دو دقیقه، دیماند مصرف ۱۸ درصد و تلفات توان ۴۲ درصد افزایش را نشان می‌دهد.

### ۱- مقدمه

پیک بار از پارامترهای مهمی است که در برنامه‌ریزی توسعه‌ای شبکه‌های برق‌رسانی، طراحی تجهیزات، تنظیم تولید و مصرف، محاسبه تلفات در ساعات پیک بار، محاسبه ضریب بار و محاسبه ضریب تلفات دخالت دارد. طبیعی است در

صورتیکه این عامل با دقت مناسبی محاسبه نشود می تواند در نتایج محاسبات سیستم تأثیر منفی بگذارد.

اصولاً با تجهیزات مختلفی می توان میزان ماکزیمم مصرف برق را در هر شبکه یا مشترک برق محاسبه نمود، اما طبیعتاً ممکن است این پرسش برای فرد پیش آید که نمونه برداری اطلاعات باید چگونه باشد؟ یا عبارت دیگر نمونه برداری اطلاعات باید بر مبنای ثانیه باشد؟ یا دقیقه و یا بیشتر؟ مسلماً هر چه دوره زمانی نمونه برداری طولانی تر انتخاب شود، عددی که بعنوان پیک بار محاسبه می شود، کوچکتر خواهد شد. در صنعت برق ایران برای محاسبه ماکزیمم مصرف یا پیک بار از دیماندمتر با دوره زمانی ۱۵ دقیقه ای استفاده می شود یا به عبارت دیگر میانگین توان لحظه ای در یک دوره ۱۵ دقیقه ای بعنوان پیک بار منظور می گردد. طبیعی است در چنین شرایط رقمی که بعنوان پیک بار ثبت می شود، ماکزیمم بار مصرفی آن دوره نمی باشد، بطوری که در بخشی از این زمان ۱۵ دقیقه ای ممکن است کمتر و در بخشی دیگر بیشتر باشد. طبیعی است اگر رقم متوسط بعنوان پیک بار اطلاق گردد، تلفات توانی که از این طریق محاسبه می شود، کمتر از توان لحظه ای می باشد. بنابراین یکی از عوامل بروز خطا در محاسبات تلفات انرژی در شبکه های برقرسانی، روش محاسبه دیماندمتر مصرف برق می باشد. ضمناً از آنجا که پیک بار در محاسبه ضریب بار و ضریب تلفات نیز دخالت دارد، مقادیر آنها را نیز دچار خطا می سازد.

طبیعی است در برنامه ریزی تولید و مصرف، ملاک تعیین ظرفیت نیروگاه ها یا تجهیزات، پیک بار می باشد. اما اگر پیک بار مشتری در یک لحظه کوتاه یک ثانیه ای قدری افزایش یابد، این رقم نمی تواند ملاک کار باشد یا اگر در لحظه راه اندازی ماشین آلات جریان کششی از شبکه قدری افزایش یابد این رقم نمی تواند، معیاری برای تعیین ولتاژ خطوط یا ظرفیت ترانسفورماتورها باشد. این مطلب نشان می دهد گرچه تغییرات لحظه ای بار در برخی از مطالعات بسیار مهم است، اما به تنهایی نمی تواند معیار مناسبی جهت طراحی تجهیزات باشد. به همین دلیل در استانداردها و مراجع معتبر، تداوم زمانی تعیین دیماند تا ۶۰ دقیقه پیشنهاد شده است [۳].

انتخاب دوره زمانی میانگین گیری (Interval time) پیک بار، تابعی از نوع مصرف می باشد. برای مشترکینی که دارای تغییرات شدید بار باشند دوره زمانی کوتاه مدت و برای مشترکینی که دارای تغییرات شدید بار نباشند، دوره زمانی بلند مدت می تواند ملاک کار قرار گیرد. علاوه بر آن در کشورهای مختلف جهان بر حسب اینکه هدف از مطالعه تعیین دیماندمتر مصرف برای فروش برق یا تعیین ظرفیت تجهیزات یا تنظیم تولید باشد، دوره زمانی می تواند ارقام مختلفی را به خود اختصاص دهد. عبارت دیگر حتی برای یک مشترک مشخص چند نوع دیماندمتر می تواند معرفی شود. بعنوان مثال برای فروش برق می توان از دیماندمتر یک دقیقه ای و برای طراحی تجهیزات از دیماندمتر ۱۵ دقیقه ای استفاده نمود.

## ۲- تداوم زمانی میانگین گیری

بار مصرفی مشترکین برق دائماً در حال تغییر است و هر چه اجزای مصرف کننده بیشتر باشند، این تغییرات نیز شدیدتر است. در صنایع بزرگ که ماشین آلات الکتریکی متنوع و متعددی مورد استفاده قرار می گیرند مصرف برق را بیشتر دچار تغییر می سازند، بطوریکه منحنی بار مصرفی آنها دارای فراز و نشیب های متعددی می باشد. حتی در زمان وقوع پیک بار که مصرف کنندگان بیشتری وارد مدار می شوند نیز مقدار مصرف ثابت نمی باشد. این تغییرات مصرف، سبب می شود تا پیک بار، ولتاژ شبکه و فرکانس نیز دچار تغییر شود.

## ۳- بررسی نقش دوره زمانی در مقدار پیک بار

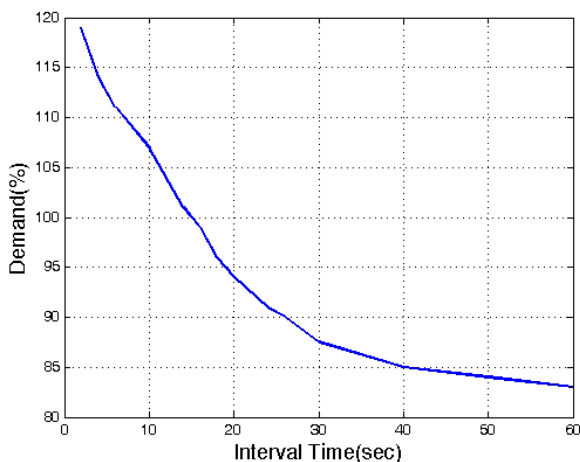
برای اینکه نقش دوره زمانی میانگین گیری در محاسبه دیماندمتر مصرف با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار گیرد، وضعیت بار مصرفی یک مشترک صنعتی مورد توجه و بررسی قرار می گیرد. جدول (۱)، اطلاعات بار مصرفی این مجتمع را در یک دوره شصت دقیقه ای در هنگام وقوع پیک بار نشان می دهد. این اطلاعات توسط دستگاه ثبت TDL-85 ثبت گردیده است. از آنجا که حداقل دوره زمانی نمونه گیری این دستگاه دو دقیقه است، لذا نمونه گیری اطلاعات نیز دو دقیقه ای می باشد [۵].

جدول (۲) - رابطه پیک بار و دوره زمانی میانگین گیری

پیک بار (درصد)	پیک بار (کیلووات)	دوره زمانی (دقیقه)
۱۱۸	۱۳۸/۸۷	۲
۱۱۰	۱۲۹/۲۵	۵
۱۰۶	۱۲۴/۴۳	۱۰
۱۰۰	۱۱۷/۷۰	۱۵
۹۳	۱۰۹/۳۲	۲۰
۸۷	۱۰۲/۲۶	۳۰
۸۲	۹۶/۸۱	۶۰

جدول (۱) - اطلاعات بار ساعتی در یک دوره ۲۴ ساعته

بار مصرفی	زمان	بار مصرفی	زمان
۹۵/۶۰	۱۰:۳۰	۱۲۰/۰۰	۱۰:۰۰
۸۵/۸۰	۱۰:۳۲	۱۳۸/۸۷	۱۰:۰۲
۸۵/۷۰	۱۰:۳۴	۱۲۲/۰۰	۱۰:۰۴
۹۳/۵۰	۱۰:۳۶	۱۱۴/۴۰	۱۰:۰۶
۹۳/۲۰	۱۰:۳۸	۱۲۰/۰۰	۱۰:۰۸
۹۵/۱۰	۱۰:۴۰	۱۰۰/۲۷	۱۰:۱۰
۹۰/۴۰	۱۰:۴۲	۱۰۱/۵۰	۱۰:۱۲
۸۰/۶۰	۱۰:۴۴	۹۸/۹۹	۱۰:۱۴
۱۰۹/۵۰	۱۰:۴۶	۸۳/۱۰	۱۰:۱۶
۱۰۱/۷۰	۱۰:۴۸	۸۷/۲۰	۱۰:۱۸
۱۰۸/۲۰	۱۰:۵۰	۱۰۲/۲۰	۱۰:۲۰
۹۵/۵۵	۱۰:۵۲	۷۸/۶۰	۱۰:۲۲
۸۹/۲۰	۱۰:۵۴	۸۹/۵۰	۱۰:۲۴
۸۰/۱۰	۱۰:۵۶	۷۷/۴۰	۱۰:۲۶
۷۶/۱۰	۱۰:۵۸	۹۳/۰۰	۱۰:۲۸



شکل (۱) - منحنی تغییرات دیماند مصرف بر حسب دوره زمانی

#### ۴- محاسبه تلفات توان وانرژی

در شبکه های برقرسانی تلفات توان تابعی از مجذور بار می باشد. چون توان مصرفی مشترکین برق دائماً در حال تغییر می باشد، تغییرات تلفات توان را نیز به همراه دارد. در حالت کلی تلفات توان از رابطه زیر بدست می آید:

$$PL = R \times \left( \frac{P}{U \times \cos \phi} \right)^2 \quad (1)$$

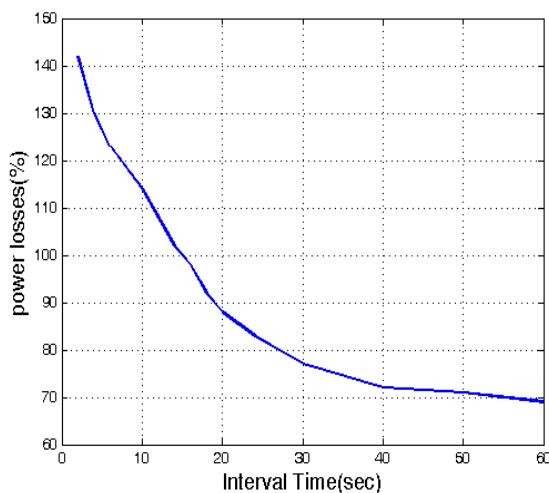
در این رابطه  $U$  ولتاژ خط بر حسب کیلوولت و  $P$  توان انتقالی بر حسب کیلووات و  $R$  مقاومت هادی ها برای کل طول خط بر حسب اهم می باشند. در صورتیکه از تغییرات

در صورتیکه دوره میانگین گیری ۲ یا ۱۰ یا ۳۰ یا ۶۰ دقیقه باشد، مقدار دیماند مصرف بصورت جدول (۲) تغییر می نمایند. در این جدول، متوسط دیماند ۱۴ و ۱۶ دقیقه ای به عنوان دیماند ۱۵ دقیقه ای منظور گردیده است. همانطور که این جدول نشان می دهد، در صورتیکه دوره زمانی انتخابی ۲ یا ۶۰ دقیقه باشد، مقدار پیک مصرف از رقم ۱۳۸/۸۷ به ۹۶/۸۱ کیلووات کاهش می یابد که بیانگر ۳۰ درصد کاهش پیک بار است. شکل (۱) منحنی تغییرات پیک مصرف را بر حسب دوره زمانی میانگین گیری یا (Interval time) نشان می دهد. همانطور که ملاحظه می شود با افزایش دوره زمانی، مقدار پیک مصرف کاهش می یابد. در مواقعی که مصرف برق مشترک دارای تغییرات شدید باشد، فاصله مقادیر ماکزیمم و متوسط بیشتر می شود که عدم دقت در این امر می تواند مشکل ساز باشد.

جدول (۳) - رابطه تلفات انرژی و دوره زمانی

تلفات انرژی (درصد)	دوره میانگین‌گیری دقیقه
۱۴۲	۲
۱۲۵	۵
۱۱۴	۱۰
۱۰۰	۱۵
۸۸	۲۰
۷۴	۳۰
۶۹	۶۰

همانطور که از منحنی شکل (۲) یا جدول (۳) مشهود است، با افزایش دوره زمانی، تلفات انرژی خطوط انتقال یا توزیع نیرو با خطای بیشتری محاسبه می‌شوند. بطوریکه با کاهش دوره زمانی از ۱۵ به ۲ دقیقه، خطای محاسبات



شکل (۲) - رابطه تلفات توان و دوره زمانی اندازه‌گیری

دیماند

به حدود ۴۲ درصد می‌رسد که رقم قابل توجهی است. بنابراین در محاسبات مربوط به تلفات توان و انرژی الکتریکی در شبکه‌های برقرسانی، دوره زمانی انتخاب دیماند نقش تعیین‌کننده‌ای را در دقت محاسبات بعهد دارد. به عبارت دیگر اگر در محاسبه تلفات توان از دیماند ۲ دقیقه‌ای استفاده شود، تلفات توان ۴۲ درصد بیشتر از حالتی است که دیماند ۱۵ دقیقه‌ای ملاک محاسبات قرار گیرد. این گونه خطا سبب می‌شود تا اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده بی‌مورد زیاد گردد.

ولتاژ، ضریب قدرت و مقاومت هادی‌ها در فاصله زمانی اندازه‌گیری دیماند صرف‌نظر شود، این رابطه را می‌توان بصورت زیر نشان داد:

$$PL = K.P^2 \quad (2)$$

$$K = \frac{R}{(U \times \cos \phi)^2} \quad (3)$$

در صورتیکه دوره زمانی میانگین‌گیری دیماند  $t$  دقیقه در نظر گرفته شود، تلفات انرژی الکتریکی خطوطی که چنین باری از آنها عبور می‌کند از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$PL_t = K.P_t^2 \quad (4)$$

$$EL = \frac{K.t}{60} \times P^2 \quad (5)$$

در این رابطه  $P_t$  پیک بار  $t$  دقیقه‌ای بر حسب کیلووات و  $EL$  تلفات توان در بار پیک بر حسب کیلووات و  $PL_t$  تلفات انرژی در دوره  $t$  بر حسب کیلووات‌ساعت می‌باشند. اگر بجای دوره زمانی  $t$  از دوره زمانی کوتاه‌تری استفاده شود، یا بعبارت دیگر دوره زمانی  $t$  را به  $n$  قسمت مساوی تقسیم شود، در چنین حالت تلفات انرژی در دوره  $t$  از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$EL = \frac{K \times t}{60 \times n} \sum_{i=1}^n P_i^2 \quad (6)$$

البته در این حالت پیک بار و تلفات در بار پیک نیز دچار تغییر می‌شوند. در صورتیکه تغییرات توان مصرفی در دوره زمانی  $t$  زیاد نباشد، روابط (۵ و ۶) دارای پاسخ تقریباً یکسانی می‌باشند. اما در عمل چون توان مصرفی در دوره زمانی میانگین‌گیری دیماند که در ایران ۱۵ دقیقه می‌باشد، در نوسان است، روابط بالا نیز دارای پاسخ یکسانی نمی‌باشند. جدول (۳) مقادیر تلفات انرژی الکتریکی را بصورت تابعی از دوره زمانی (Interval time) نشان می‌دهد. شکل (۲) نیز منحنی تغییرات تلفات را بصورت تابعی از دوره زمانی نشان می‌دهد.

## ۵-۲- تغییرات ضریب بار و ضریب تلفات

از آنجا که ضریب بار نیز تابعی از پیک مصرف می‌باشد، در نتیجه دوره زمانی میانگین‌گیری سبب بروز خطا در این عامل نیز می‌شود. در حالت کلی ضریب بار از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$LF = \frac{E}{T.P} \quad (7)$$

در این رابطه  $LF$  و  $E$  و  $T$  و  $P$  به ترتیب ضریب بار، انرژی انتقالی در دوره  $T$  و دوره مطالعه و پیک بار می‌باشند. بنابراین در صورتیکه در رابطه (۷) مقدار پیک بار بر مبنای دوره زمانی دو دقیقه‌ای یا ۳۰ دقیقه‌ای محاسبه شود. مقدار ضریب بار در حالت دوم ( دوره زمانی ۳۰ دقیقه‌ای)، حدود ۳۶ درصد بیشتر نشان داده می‌شود که می‌تواند عاملی جهت بروز خطا در محاسبات گردد.

با توجه به اینکه ضریب تلفات نیز بصورت تابعی از ضریب بار تعریف می‌شود، لذا دوره زمانی محاسبه دیماند سبب تغییر ضریب تلفات نیز می‌شود. طبیعی است بروز خطا در ضریب تلفات، دقت محاسبات تلفات انرژی را کاهش می‌دهد. لذا لازم است برای پرهیز از بروز خطا، محاسبه ضریب بار، ضریب تلفات دیماند مصرف در یک دوره زمانی واحدی محاسبه گردد.

## ۶- نتیجه

همانطورکه در متن مقاله بیان گردید بر حسب اینکه دوره زمانی اندازه‌گیری پیک بار ۲ یا ۶۰ دقیقه‌ای باشد، رقمی که سیستم‌های اندازه‌گیری برای مشترک مورد بررسی بعنوان دیماند نشان می‌دهند ۱۳۸/۸۷ یا ۹۶/۸۱ کیلووات است که حدود ۴۰ درصد تفاوت را نشان می‌دهد. بدیهی است در تعیین ظرفیت ترانسفورماتورها، مقاطع کابل‌ها و طراحی دیگر تاسیسات یا تجهیزات این سؤال مهم مطرح می‌شود که کدام پیک بار باید ملاک عمل قرار گیرد و اصولاً چرا دیماند ۱۵ دقیقه‌ای که رقم ۱۱۷/۷۰ را نشان می‌دهد، باید اساس طراحی تجهیزات در کشور باشد.

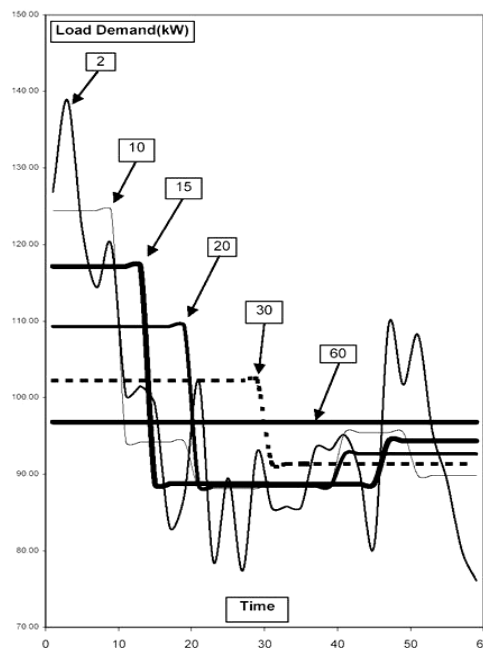
## ۵- نقش دوره زمانی در ضریب بار و ضریب تلفات

همانطورکه در بالا اشاره گردید، تغییر دوره یا برهه زمانی میانگین‌گیری دیماند، سبب افزایش یا کاهش دیماند و در نتیجه سایر مطالعات وابسته به آنها از جمله منحنی تغییرات بار، ضریب بار، ضریب تلفات می‌گردد که در ادامه به اختصار به آنها اشاره می‌گردد.

## ۵-۱- منحنی تغییرات بار

منحنی تغییرات بار هر مصرف‌کننده برق، نشانگر وضعیت مصرف آنها در طول شبانه‌روز یا هر دوره زمانی دیگر می‌باشد. برای رسم این منحنی لازم است نمونه‌برداری بار در برهه‌های زمانی مختلف انجام شود. بنابراین بر حسب اینکه متوسط بار ساعتی یا متوسط بار ۳۰ یا ۱۵ دقیقه‌ای و یا دیگر دوره‌های زمانی ملاک رسم منحنی بار قرار گیرند، بطور طبیعی شکل منحنی بار نیز تغییر می‌کند.

شکل (۳) منحنی تغییرات مصرف، مشترک مورد مطالعه را در یک دوره ۶۰ دقیقه‌ای و در هنگام وقوع پیک بار نشان می‌دهد. همانطورکه ملاحظه می‌شود بر حسب اینکه دوره زمانی نمونه‌برداری اطلاعات توان مصرفی ۲ و ۱۰ و ۱۵ و یا ۶۰ دقیقه‌ای باشد، شکل بار دچار تغییر می‌شود. این تفاوت، اهمیت دوره زمانی را در ترسیم منحنی تغییرات بار نشان می‌دهد.



شکل (۲)- منحنی تغییرات مصرف مشترک، در یک دوره ۶۰ دقیقه‌ای

## ۷- منابع

۱. قدرت‌اله حیدری ، " کتاب بررسی تلفات در شبکه‌های برقرسانی " ، معاونت برنامه ریزی - شرکت برق منطقه‌ای تهران - اردیبهشت ۷۸
۲. قدرت‌اله حیدری - " دیدگاهی جدید در تعیین توان الکتریکی " ، نهمین کنفرانس مهندسی برق ایران تهران- دانشکده صنعت آب و برق - اردیبهشت ۸۰
۳. قدرت‌اله حیدری و مازیار حیدری ، " تعیین دیماند واقعی مصرف " ، نهمین کنفرانس مهندسی برق ، تبریز - دانشگاه تبریز ، اردیبهشت ماه ۱۳۸۱
۴. قدرت‌اله حیدری ، " یک کیلووات تلفات توان، چند کیلووات ظرفیت اسمی نیروگاه را هدر می‌دهد؟ " ، سمینار تخصصی تلفات الکتریکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر - تهران - مرداد ۱۳۸۱
۵. گزارش پروژه " اندازه‌گیری، بررسی و مقایسه تلفات انرژی الکتریکی در بلوک‌های مختلف مصرف " - بخش انتقال و توزیع نیرو شرکت متن.
۶. قدرت‌اله حیدری، " کاهش تلفات تا حد استاندارد هدفی مجهول و دست نیافتنی " ، هشتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو ، تهران - اردیبهشت ماه ۱۳۸۲

در مجموع این بررسی نشان می‌دهد که الگو قرارداد دیماند ۱۵ دقیقه‌ای برای تمام مشترکین منطقی نمی‌باشد و چه بسا شاید صلاح این باشد که برای برخی از مشترکین که دارای تغییرات شدید بار می‌باشند مثلاً " دیماند ۲ دقیقه‌ای یا ۵ دقیقه‌ای و برای برخی دیگر که تغییرات شدید بار ندارند، دیماند ۱۵ تا ۳۰ دقیقه‌ای مناسب باشد.

با توجه به آنچه که در بالا بدانها اشاره گردید، مقدار پیک بار تابعی از دوره زمانی محاسبه آن می‌باشد. بطوریکه هر چه دوره زمانی میانگین‌گیری افزایش یابد، از مقدار پیک بار کاسته می‌شود. علاوه بر آن در محاسبه تلفات توان یا انرژی نیز باید به نکات زیر توجه شود:

در محاسبه تلفات توان یا انرژی در ساعات پیک مصرف لازم است به دوره زمانی اندازه‌گیری توجه شود.

چون ضریب بار نسبی است، لذا می‌تواند بر مبنای هر دیماندی محاسبه گردد اما در محاسباتی نظیر برآورد بار لازم است مقدار پیک بار و ضریب بار بطور هماهنگ مورد استفاده قرار گیرند.

در صورتیکه تلفات توان در بار پیک، برای دیماند ۱۵ دقیقه‌ای محاسبه شود، لازم است در محاسبه ضریب تلفات نیز این دوره زمانی ملحوظ گردد وگرنه نتایج محاسبات مربوط به تلفات انرژی از دقت مناسبی برخوردار نخواهد بود. در مشترکینی که دارای تغییرات شدید بار می‌باشند لازم است، دوره زمانی محاسبه دیماند کاهش یابد، این اقدام ضمن اینکه سبب افزایش دقت محاسبات تلفات در ساعات پیک می‌شود، می‌تواند در طراحی تأسیسات برقرسانی نیز مؤثر باشد.