تصحیح ضریب توان در منابع تغذیه سیستم‌های روشنایی

از لحاظ فنی، LEDها به یک منبع ولتاژ DC نیاز دارند که با تبدیل جریان AC تامین شده توسط خط برق استاندارد به دست می‌آید. بنابراین طراحی مدار درایور، در تعیین عملکرد لامپ‌های LED بسیار مهم است. به همین علت، یک منبع ولتاژ سینوسی AC معمولاً قبل از استفاده توسط یک یکسوکننده تمام موج یا نیمه موج به یک منبع ولتاژ سینوسی اصلاح شده تغییر می‌کند. در این تنظیمات، مدار یکسوکننده به سادگی زمانی که ولتاژ AC لحظه‌ای بالاتر از ولتاژ خازن ذخیره سازی حجیم است، از خط AC برق می‌گیرد و باعث ایجاد سیگنال جریان غیر سینوسی می‌شود که فرکانس‌های هارمونیک بالایی دارد. با این وجود، LEDهای تغذیه شده توسط منابع برق AC یک بار غیر خطی هستند. در نتیجه غیر خطی بودن، LEDهای تغذیه شده توسط منابع برق AC احتمالاً دارای ضریب توان کمتری هستند و همچنین ممکن است اعوجاج هارمونیک کل بیشتری نسبت به دستگاه‌های هالوژن یا روشنایی رشته‌ای موجود داشته باشند.

با وجود صرفه جویی قابل توجهی در انرژی در مقایسه با لامپ‌های رشته‌ای، با توجه به مدارهای الکترونیکی تجاری که در حال حاضر استفاده می‌شود، لامپ رشته‌ای قادر است ضریب توان ورودی بالاتری از منبع AC در مقایسه با چراغ‌های LED داشته باشد. یک بار با ضریب توان کم، جریان بیشتری را نسبت به باری با ضریب توان بالا برای مقدار معادل توان مفید انتقال یافته می‌کشد و بنابراین منجر به تلفات مقاومتی بالاتر در سیم کشی می‌شود. یکی دیگر از پیامدهای نامطلوب تبدیل توان شامل اعوجاج هارمونیک کل (THD) است و عوامل طراحی که PF را بهبود می‌بخشد اغلب شامل کاهش THD نیز می‌شود. بر این اساس، اصلاح ضریب توان برای بسیاری از انواع بار مفید است.

ضریب توان در اینجا به عنوان نسبت توان واقعی به توان ظاهری توصیف می‌شود. توان واقعی ظرفیت مدار برای کار در یک بازه زمانی خاص است، در مقابل توان ظاهری حاصل ضرب جریان و ولتاژ مدار است. ضریب توان یک راه اساسی برای تشخیص اینکه چه مقدار از جریان به توان واقعی در بار کمک می‌کند است. برای دو باری که نیاز به قدرت واقعی یکسانی دارند، بار با ضریب توان بهتر در واقع جریان کمتری را از برق مصرف می‌کند. یک بار با ضریب توان ۱,۰ به حداقل مقدار جریان برق نیاز دارد. وقتی ضریب توان بطور قابل ملاحظه‌ای کمتر از واحد باشد، قدرت در سیستم از بین می‌رود. داشتن ضریب توان کم و افزایش اعوجاج ممکن است به افزایش هزینه‌های انرژی، تلفات انتقال و/یا آسیب به تجهیزات الکتریکی کمک کند. ممکن است هزینه اضافی در برق تامین شود زیرا ممکن است اصلاح ضریب توان در منبع برق تامین شود که منجر به هزینه‌های اضافی و اتلاف انرژی در زنجیره تامین می‌شود. یک ضریب توان بالا نشان می‌دهد که توان راکتیو گرفته شده از لامپ کم است و بنابراین راندمان تبدیل توان از سمت ابزار به لامپ بالا است. از

آنجایی که مقدار برق مورد نیاز برای راه اندازی یک دستگاه روشنایی LED احتمالاً می‌تواند کمتر از درایو یک دستگاه نورپردازی هالوژن یا رشته‌ای باشد که مقدار قابل توجهی نور تولید می‌کند، هزینه کلی کارکرد یک چراغ LED با استفاده از برق AC ممکن است برابر یا بیش از مقدار مورد نیاز برای درایو دستگاه هالوژن یا روشنایی رشته‌ای با استفاده از همان منبع برق AC باشد. این بدان معناست که ضریب قدرتی که توسط محصولات LED فعلی به دست می‌آید حدود ۳۰ درصد کمتر از لامپ‌های رشته‌ای است. جریان ورودی گرفته شده از لامپ های LED حاوی مقدار زیادی هارمونیک نامطلوب است. شکل موج جریان تحریف شده اغلب محتوای انرژی هارمونیک را افزایش می‌دهد و انرژی را در فرکانس اصلی کاهش می‌دهد. وجود این هارمونیک ها نشان می‌دهد که بخشی از توان به صورت توان راکتیو در هنگام انتقال توان از منبع برق به لامپ تلف می‌شود.

ضریب توان ضعیف ممکن است ناشی از اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان باشد. ضریب توان نیز ممکن است با اعوجاج و محتوای هارمونیک جریان بدتر شود. برای مقابله با مسئله ضریب توان، اتصال یک مرحله تصحیح ضریب توان (PFC) به یکسو کننده پل دیود، کاملاً معمول است، که استفاده از جریان گرفته شده از خط اصلی AC را با شکل سینوسی دادن به آن بهبود می‌بخشد. تصحیح ضریب توان (PFC) فرآیند تنظیم دقیق مشخصات مصرف کننده‌های الکتریکی است که ضریب توان کمتر از ۱ را دارند.

کنترل ضریب توان برای کاهش اثرات جریان‌های هارمونیک بالا که از خط تغذیه اصلی توسط مصرف کننده‌های غیرخطی مانند یکسو کننده و طبقه‌ی ورودی خازن صافی کشیده می‌شود، مطلوب در نظر گرفته می‌شود. یک تصحیح کننده ضریب توان را می‌توان به طور سودمندی برای کنترل یک درایور LED به منظور به دست آوردن ضریب توان نزدیک به یک استفاده کرد.

ملاحظات طراحی که هم باعث افزایش PF و هم کاهش THD می‌شود ممکن است در مجموع به عنوان بهبود عملکرد PF/THD در نظر گرفته شود. یک PFC ممکن است برای جبران کاستی‌های عملکرد PF/THD با استفاده از کنترل‌کننده‌ای طراحی شود که حالت‌های عملیاتی را با تکنیک‌های مختلف زمان بندی سوئیچ در سوئیچینگ AC به DC فعال می‌کند. این‌ها ممکن است شامل حالت هدایت بحرانی (CrCM) و حالت هدایت ناپیوسته (DCM) باشد. یک کنترل کننده PFC نیز ممکن است به مصرف کننده‌های مختلف پاسخ دهد و CrCM یا DCM را مطابق با تغییرات بار اعمال کند و در این حالت به آن چند حالته می‌گویند. یک تصحیح کننده ضریب توان به طور کلی شامل یک تقویت کننده خطا و یک ضرب کننده است که برای حفظ ضریب توان بالا در حین کنترل مبدل قدرت به عنوان راهی برای همگرایی ورودی به تقویت کننده خطا به سمت یک مقدار مرجع تنظیم شده است.

مصرف کننده‌های غیر خطی به غیر از جریان AC اصلی، جریان‌های هارمونیک ایجاد می‌کنند. افزودن اجزای خطی از جمله خازن‌ها و سلف ها قادر به خنثی کردن این جریان‌های هارمونیک نیستند. برای دستیابی به ضریب توان بالاتر و همچنین کاهش THD، می‌توان از تصحیح ضریب توان فعال (PFC فعال) برای کنترل مقدار توان کشیده شده توسط یک بار استفاده کرد تا ضریب توان تا حد امکان نزدیک به واحد باشد. در اکثر کاربردها، PFC فعال جریان ورودی بار را کنترل می‌کند تا شکل موج جریان متناسب با شکل موج ولتاژ شبکه (یک موج سینوسی) باشد. برخی از انواع PFC فعال عبارتند از: مدارهای boost، مدارهای buck و مدارهای buck_boost، و ممکن است به صورت تک مرحله‌ای یا چند مرحله‌ای اجرا شوند. به عنوان مثال، یک مبدل تقویت‌کننده اغلب بین یکسوکننده پل و خازن‌های ورودی اصلی قرار می‌گیرد. مبدل تقویت‌کننده برای حفظ ولتاژ باس DC ثابت در خروجی خود کار می‌کند در حالی که جریانی را می‌کشد که همیشه در فاز و در فرکانس یکسان با ولتاژ خط است. یک سیستم PFC فعال می‌تواند (99%) تولید کند.