

了解PFC对实现高能效至关重要

安森美半导体 || Joel Turchi

几乎每个人都意识到需要优化能效，无论是力求在高能源价格时代限制成本的消费者和企业运营商，还是期望满足日益复杂的要求和众多标准的设计人员。如果尚未以浪费能源的高成本为动力，那么产生能量对环境的影响就会随着热量的增加而成为越来越显著的问题。

认识到需要改进，各国政府和行业协会都制定了书面标准，在某些情况下必须在产品投放市场前就满足这些标准。关注成本或有环保意识客户在做出购买决定时依赖于这些标准，以确信他们在购买高能效的产品。

需要解决的一个关键领域是功率因数校正(PFC)级，包括电磁干扰(EMI)滤波器。

可能最好的数字，通常在满载的75%左右。

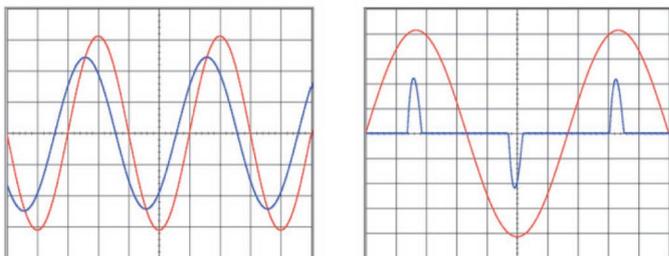
因此，制造商将注意力集中在这一负载水平，以提高他们所理解的产品能效。但实际上器件在这个功率水平上只工作一小部分时间。在实际应用中，特别是具有动态负载的应用中，这代表实际能效远远低于预期。

为了解决这种情况，现代能源标准考虑的是整个能效曲线的性能，而不仅仅是曲线上的最佳点。因此，设计人员正在研究如何设计电源转换系统的关键器件，以在低负载和中等负载水平下工作得更好。最关键的一个领域是PFC级和EMI滤波器，二者共消耗高达8%的输出功率。

高能效不仅仅在单个点

对于任何与电源有关的应用，能效一直是个问题，也是制造商在其规格中规定的一个参数。然而，在过去，高能效被认为是单个点尽

图1 无功负载（左）和非线性负载（右）的电压（蓝色）和电流（红色）



PFC概述

电力公司的供电电压总是正弦的，但线路电流的波形和相位取决于所供电的负载。对于最简单的电阻负载，负载电流也是正弦的，并且在相位上使功率易于计算。

如果负载中有电抗元件，如电感或电容器，则负载电流保持正弦，但相移与电压有关。在这种情况下，有功功率(也称为“实际”或“平均”功率)像以前一样计算，但要乘以相角(“位移因子”)的余弦。无功负载越多，有功功率越低。

非线性负载的情况更复杂，例如集成一个

图2 PFC在二极管桥和大电容器之间

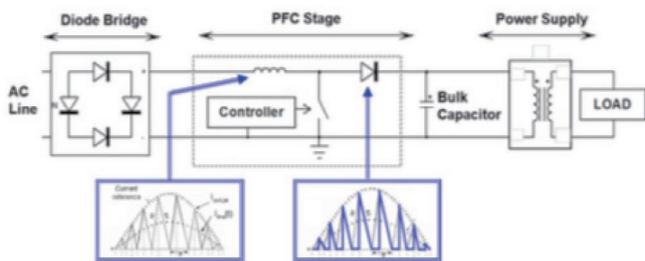
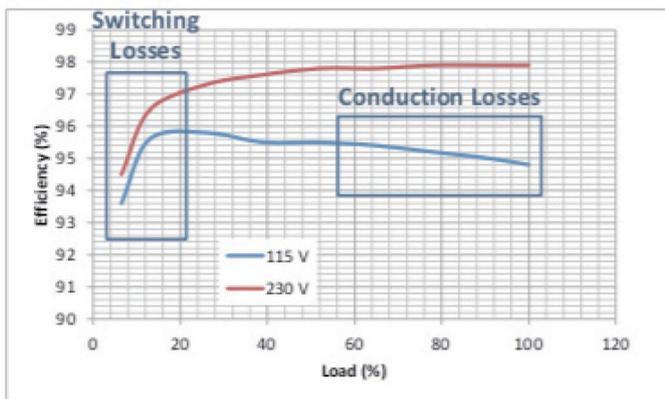


图3 开关和导通损耗构成电源系统的总损耗



二极管桥和大输入电容的典型开关电源的输入级。在这里，电流是一系列浪涌尖峰，计算功率要使用傅里叶变换(Fourier transformation)。

平均两个正弦波的乘积需要复杂的计算，只有当两个波形具有相同的频率时，才能给出一个非零的结果。但由此可以得出，只有基本分量才能提供真正的功率，而谐波只产生无用的循环电流。

与位移因子类似，失真因子模拟失真（非正弦）波形对实际功率的影响，将实际功率定义为均方根电压、均方根电流和这两个因子的乘积。进一步分析将表明总谐波失真(THD)。

实际上，系统的功率因数只是位移和失真因子的乘积，因此，真正的功率是均方根电压、均方根电流和功率因数的乘积。

校正功率因数的实用方法

涉及PFC的主要标准是EN 61000-3-2，这是为了最小化从电网提供的任何电流的THD而编写的，通过定义从第二次到第四十次的所有谐

波的最大幅值来实现。PFC的要求也在其他文件中(例如能源之星规范Energy Star)有所提及，许多人认为这导致了PFC技术普遍用于许多应用。

到目前为止，用于满足这些标准的最常见(和最有效)的PFC是有源PFC。一种典型的方法是在输入整流桥和大电容器之间添加一个PFC预稳压器，以提供恒定的电压，同时确保电流波形是正弦的。

这种方法除了明显提高功率因数外，还有许多好处。从PFC阶段的输出通常是一个相当好的调节的400 V，这使得下游转换器的设计更容易，成本更低。另外，无脉冲电流降低了EMI滤波要求，减少了体积和成本。

然而，这种类型的PFC预转换器不能达到100%的能效，因此，确实造成了系统损耗。在任何电源系统中，都有两种主要类型的损耗，开关和导通。导通损耗是两种损耗之和：一种由于桥二极管的正向电压等因素与系统功率成正比，另一种与系统功率平方成正比，从而构成阻抗损耗如MOSFET的导通电阻。在较高的功率水平下，后者对能效的影响最大。

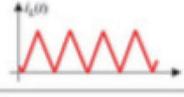
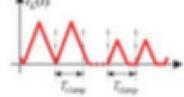
另一方面，开关损耗很大部分与电流成正比，因此与传输的功率成正比。而其它部分是恒定的，与系统的功率无关。它们是由寄生电容和电荷电流引起的，通常与系统的开关频率成正比。随着设计人员增加工作频率以减少系统尺寸，开关损耗成为一个更大的挑战，特别是在较低的功率水平下，它们在能效损耗中占相当大比例。

PFC控制方案

PFC的各种控制方案都是为了满足不同系统的需要而开发的，但总目标都是降低轻载下的开关损耗和较重负载下的导通损耗。

如图所示，有三种基本的控制方案。连续导通模式(CCM)在固定频率工作和限制电感电流纹波，同时支持更高损耗。它通常用于较高功率系统(>300 W)。

图4 初级单路PFC工作模式

	Operating Mode	Main Features
	Continuous Conduction Mode (CCM)	Always hard-switching Inductor value is largest Minimized rms current
	Critical conduction Mode (CrM)	Large rms current Switching frequency is not fixed
	Frequency Clamped Critical conduction Mode (FCCrM)	Large rms current Frequency is limited Reduced coil inductance

临界导通模式(CrM)在电感电流降到零时开始一个新的开关周期,从而可省去快速恢复二

极管。这导致可变开关频率具有较大纹波电流。这种简单而低成本的方案广泛用于包括照明在内的低功耗应用。随着低导通电阻的MOSFET越来越普遍, CrM正用于更高功率的应用中。

频率钳位临界导通模式(FCCrM)是在几年前由安森美半导体推出的,用以限制CrM下的扩频。在频率最高的轻载下,工作模式改为非连续导通模式(DCM),以降低开关损耗。额外的电路解决了DCM中典型的“死区时间”,从而确保当前的波形是正确的形状。

安森美半导体提供广泛的器件方案,包括功率因数控制器和电源开关,以及重要的设计资源,使设计人员有把握地开发PFC方案。GEM



“CHINAPLAS国际橡塑展”亮点纷呈

一年一度的“CHINAPLAS国际橡塑展”犹如橡塑江湖的创新技术比武大会,吸引全球领先企业于展会上亮出过人招式。在距离“CHINAPLAS 2019国际橡塑展”开幕还有2个月的时间,展会主办方举办媒体见面会,提前曝光超多亮点,以及高含金量的前沿科技,吹响展会的冲锋号。

展会主办方雅式展览服务有限公司总经理梁雅琪女士介绍到:“橡塑行业创新不止,我们主办方也务求创新。此次举办的媒体见面会,为首次通过视频连线会议的崭新形式,实现来自北京、上海、深圳、广州、佛山等不同空间的媒体,在同一时间里同步高效采访。”在会上,梁总梳理了展会最值得关注的亮点。

亮点一:高光聚焦环保及可循环解决方案。“CHINAPLAS 2019国际橡塑展”多个维度积极回应市场的强烈需求,聚焦环保及可循环解决方案,挥出连环组合拳,看点十足。

亮点二:洞见前沿趋势,先行一步抢占商机。“CHINAPLAS 2019国际橡塑展”期间,一场接一场的同期活动频放大招。“工业

4.0未来工厂”,将透过落地的应用案例为业界逐一破解。11大主题演讲,将透过“科技讲台”这一王牌活动进行高效发布。

亮点三:规模继续扩容,甄选行业先锋企业。为了增加展示面积和科技数量,主办方新设几个额外展厅。展览面积超过25万平方米,展商数量由此增加到3,500家。预计参观展会的观众数量相比上一次在广州举办将有所突破,海外观众占比预估达到30%,彰显展会的高度国际化。

亮点四:风云际会,共襄盛举。“CHINAPLAS 2019国际橡塑展”向全球广发“英雄帖”,预计组织买家团260个,其中海外的买家团达60个。

亮点五:全球高“研”值创新科技巡礼。主办方着力将“CHINAPLAS国际橡塑展”打造为一个高水准、高质量、高科技含量的交流与发布平台。

梁总谈到:“今年的展会亮点纷呈。是亮点,也是看点,更是不能拒绝参观展会的理由。期待业界有识之士相聚在展会上,共同踏上橡塑科技前进的步伐。”