

# 带稳压调节的功率平均设计方法： 脉冲负载的理想供电方案



如果脉冲负载设备只根据峰值功率来设计电源的话会出现什么情况？一定要认清这样一个事实：峰值功率每次只持续很短的时间。如果按照这个功率来设计电源的话，总体效率和尺寸肯定不是最佳的。如果功率密度对您来说非常重要的话，您就必须了解“带稳压调节的功率平均设计方法”，以及它将给您未来的电源设计带来怎样的好处。

## 介绍

带稳压调节的功率平均设计方法可以切实提升电源效率，减小电源外形尺寸。您可以用更多的空间做什么？由于提升的效率所节省的长期成本是什么？利用功率平均设计方法，给脉冲负载供电的电源系统可以设计得更小、更轻、更经济。在一个电源系统设计成为需要某种功率级的特定负载稳压时，通常该功率级是恒定的：如果负载需要 1kW，电源系统就设计成最大供电功率为 1kW。但在功率级经常波动而且功率波动为周期性脉冲（其中峰值功率是已知的）的系统中，功率平均设计方法允许设计人员只为脉冲负载提供平均功率。

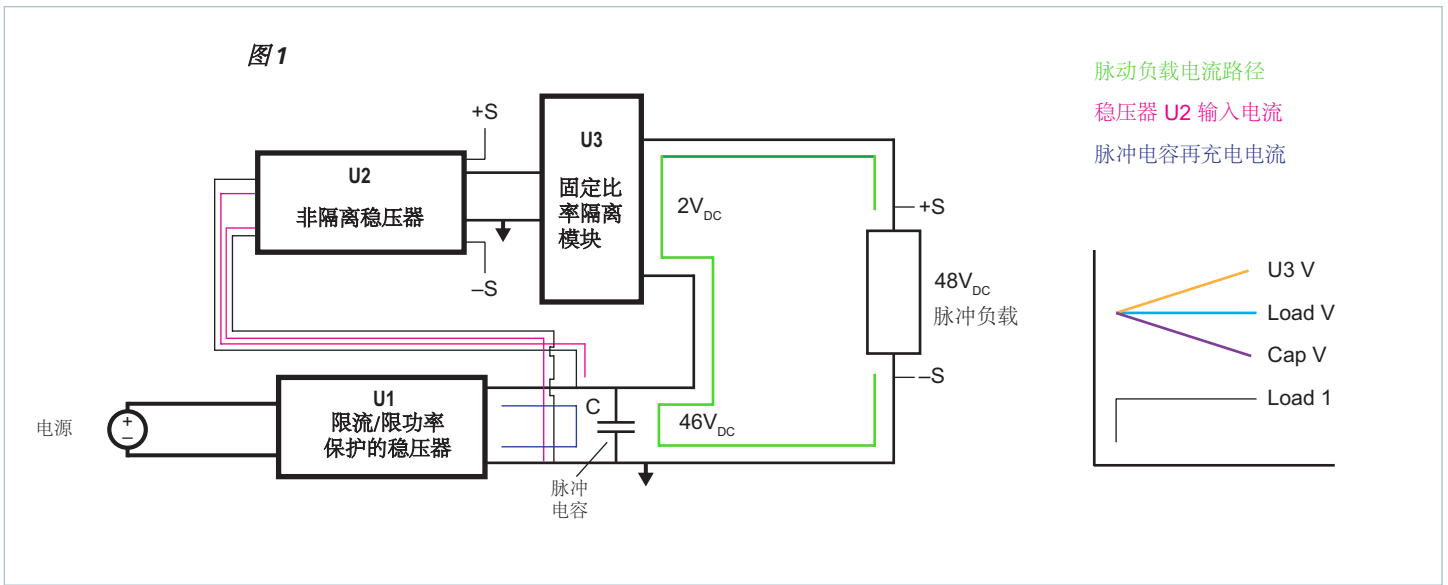
在功率平均架构中，峰值功率通过布置在电源输出端的电容器提供，并且被电容平均化。需要峰值功率时，电容器会向负载供电，而且该电源可补充电容器的能量。电容器提供能量时，由于电容器没有稳压调节，因此电容器和负载上的电压都会跌落。该电源将以和平均电流相同的恒定斜率连续供电。电容器上的压降正比于脉冲持续期间的平均功率和峰值功率之间的差值。电容器在脉冲关断期间以恒定的斜率再次充电。

## 功率平均设计方法帮助提高电源效率

负载能够处理电压变化时，功率平均是一个很好的选项，例如在由多个下游稳压器组成的负载情况下。但如果负载不能处理电压下降，系统将会失败。通过使用非隔离稳压器和固定比率电压隔离器在功率平均系统中纳入稳压，可轻松解决该问题，在许多情况下这可带来另一项优势：更高的整体系统效率。例如，在许多脉冲雷达应用中，雷达在特定电压下效率最高。如果平均电容器直接给雷达供电，雷达的效率会随电压下降而降低。增加稳压将有助于雷达在整个脉冲中在其最高效的点上工作。

在所推荐的解决方案中，一个正弦幅值转换器 (SAC™) 和 ZVS 升降压稳压器可与电容器串联堆栈，提供完整的电流，但只能补偿压降，这是功率的一小部分。在利用功率平均方法设计电源系统时，设计人员必须考虑几个重要因素：大容量储能电容的容值大小、隔离模块的电压和电流范围，以及非隔离稳压器的控制环路带宽。

图 1 是带稳压调节的功率平均设计方法的原理框图。U1 是平均电源，可为电容器再充电，并提供应用所需的平均功率。U1 为了保护输入源而限制了电流和功率。U2 是非隔离稳压模块，其不仅可通过 +S 和 -S 监控负载电压，而且还可通过 U3 对负载电压进行稳压，U3 是固定比率正弦幅值转换器。U3 的输出与储能脉冲电容器串联。在负载需要一个电流脉冲而导致储能脉冲电容器电压下降时，U2 将 U3 的输出电压升高（与电容器的压降成反比），使负载电压在整个脉冲中保持不变。



方程式 1 
$$C = 2 \cdot \frac{P \cdot (T_1 - T_2)}{V_1^2 - V_2^2}$$

### 正确选择大容量储能电容的容值

应用所需的电容可用方程式 1 表示，其中 C 为电容器值，P 为电容器提供的功率。T1 和 T2 之间的差异是负载所需的持续时间。V1 和 V2 之间的差异是功率传输过程中电容器两端的压降。在方程式 1 中，假设在脉冲过程中电源 U1 提供的平均功率可以忽略不计。由于 DC-DC 转换器 U1 在给电容器及负载供电时会进入流限状态，因此在负载需要电源时，电容器会提供较大一部分负载电流。当电容器将负载电流和电流同时提供给 U2 时，其电压就会开始下降。因此，必须调整电容器尺寸，使电容器上的电压保持在 U2 的输入电压范围内。在考虑电容器必须提供的功率 (P) 时，设计必须考虑提供给 U2 输入端的功率。该功率也来自电容器。脉冲期间的负载功率是电容电压加上 U3 输出电压乘以负载电流。U3 的输出电压很小，因此与电容器提供的整体功率相比，U2 和 U3 的功率水平相对较小。U2 和 U3 的功率水平将随电容电压的变化而变化。U3 补偿越多，通过 U2 的功率就越大。

### 隔离模块的电压与电流范围

在考虑 U2 和 U3 的配置时，设计必须考虑 U2 的输入/输出范围和 U3 的输出电流。U2 由电容器供电，因此它的输入电压范围必须为方程式 1 的 V1 和 V2。如果允许电容器电压从 48VDC 降至 45VDC，那 U2 就需要相同或更大的输入范围。

在图 1 中，U2 的输出流入固定比率隔离器 U3。U2 一旦检测到负载位置的压降，就会通过增加 U3 的输出电压进行补偿。U3 是一个固定比率隔离器，因此输出电压就是输入电压乘以该比值。如果 U3 的比值为 1/12，输入电压为 48VDC，则输出电压为 48/12 或 4VDC。固定比率隔离转换器将除以输入电压，再乘以输入电流。比率为 1/12 的情况下，U3 输入电流将乘以 12。U2 和 U3 的电压调整补偿范围必须宽到足以补偿电容器的压降。如果允许电容器下降 4VDC，那 U2 和 U3 的组合就必须能够补偿该压降。U2 和 U3 的调整范围或补偿范围越大，系统在电容器值和技术方面就越灵活。例如，可以选择等效串联内阻更大的电容器，因为 U3 可以补偿压降。

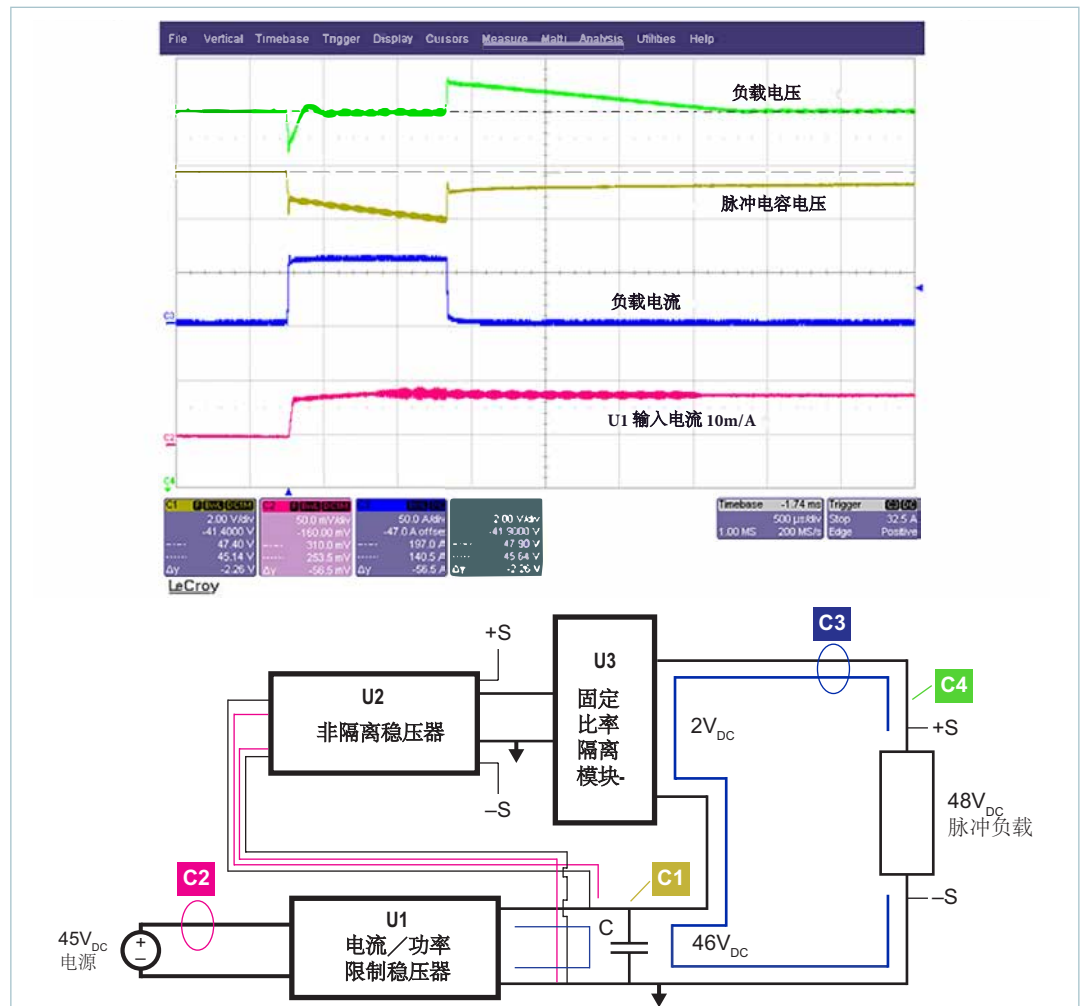
## 稳压器控制环路带宽

U2 和 U3 的组合必须快速、可控地提供满负载电流和部分负载电压。这就是 U2 控制在功率平均系统性能中发挥重要作用的地方。当负载需要电流时，其响应时间通常为几百纳秒到几微秒，持续时间通常为几百微秒到几毫秒。在这些脉冲加载应用中，脉冲持续期间负载级别通常是从空载到满负载。U2 控制环路必须在负载变化时和输入电压变化时调节输出电压。在许多情况下，U2 电源模块控制环路内部都足以以最小的下冲及过冲处理这些负载跳变。如果内部控制环路不够快或不够稳定，无法调节负载电压，可采用外部控制环路。有些电源模块可让设计人员访问内部调制器，从而可通过配置外部控制来驱动功率级。这有助于设计人员通过补偿外部控制环路来获得最佳的系统性能。

U2 可设计为针对系统提供最佳的瞬态响应，但 U3 固定比率电压转换器必须提供电流和电压。提供固定比率变压模块，其设计有极低的路径电感和高开关频率，能非常迅速地从输入向输出提供能量。它们能够在几纳秒内提供数百安培的电流。加上该组合的隔离特性，可使这款转换器在调节负载电压方面变得非常完美。

图 2 是带稳压调节的功率平均电路结构及其测试结果。图 2 中的 U1 是一个限流装置，功率设置为 160W。该器件可为 110mF 脉冲电容器 C 充电。该器件可为 110mF 脉冲电容器 C 充电。U2 在图 1 中经过配置，可将负载电压调节为 48V<sub>DC</sub>。负载电流从 0.5A 脉冲到 60A。通道 3 为脉冲负载电流，通道 1 为脉冲电容器电压，通道 2 为 U1 输入电流，而通道 4 则为负载电压。如图 2 波形所示，在整个脉冲宽度内，即使电容器降压 2V，负载电压也是稳定的。图 2 还显示了电容 ESR 对系统的影响。在电源脉冲开始和结束的通道 1 中所示的电压的快速变化是由电容器的 ESR 引起的。使用 ESR 较低的电容，可减少电压的快速变化。

图 2



---

## 结论

功率平均方法是脉冲负载配置供电系统的优异选项，允许设计人员构建一款功率密集且非常高效的小型系统。负载能承受压降时，它是非常简单的方法，但如果负载对压降很敏感，采用非隔离稳压器和固定比率电压转换器构成的稳压系统，将允许设计人员在不影响系统稳定性的情况下保持平均功率的优势。

联系我们: <http://www.vicorpower.com/zh-cn/contact-us>

### **Vicor 公司**

Room1610, 596 Middle  
Longhua Road, Xuhui  
District, Shanghai, China  
200032

电话: 021- 6029 3928

传真: 021- 5436 3991

[www.vicorpower.com](http://www.vicorpower.com)

### **email**

客服: [vicorchina@vicorpower.com](mailto:vicorchina@vicorpower.com)

技术支持: [chinaapps@vicorpower.com](mailto:chinaapps@vicorpower.com)

©2018 Vicor 公司版权所有。保留一切权利。Vicor名称是Vicor公司的注册商标。所有其它商标、产品名称、徽标及品牌均是其各自所有者的财产。