

技术性文章

日期

2019 年 7 月

撰稿人

Werner Wölfle (教授、博士、研部退休)

开关电源 — 未来何去何从

在过去 40 年，开关电源从 50 Hz 变压器一路演变成高频开关电源，主要得益于半导体开关器件了更快的发展。开关电源从相对缓慢的开关晶体管发展成双极型晶体管，前期采用低阻断器件，后期则发展采用高阻断器件。这使得切换率达到了高至 60kHz 的水平。在 20 世纪 80 年代，高效晶体管属于技术领先产品，在市场上售价合理，性价比也高。这使得进一步提高切换率成为可能，一次达到数百 kHz。当然，不断增加开关电源中的切换率并不能解决问题。由于磁力的物理特性，这会使得磁性装置越来越小，开关电源的磁性也会相应地越来越小。一方面，磁性装置需要与危险干燥的磁性；另一方面，磁性装置需要调整出水平，以适应消费者的需求。但是，除非采用额外的冷却方法，否则切换率越高，开关的损耗也会越大，这一点与采用更小体积极小的目标相悖。因此，我目前正在使用的是更复杂的切换拓扑结构，磁性，在无磁性或无流状态下开关元件均可被接通和关断。即使基于开关技术无法实现一功能，但目前的二极管和晶体管仍然使用了能够极速切换的砷化镓或碳化硅开关元件。尽管与 MOSFET 技术相比，这些元件仍然非常昂贵，但其价格已呈缓慢下降的趋势，因此会越来越适合工业应用。下面将为您介绍一步提高切换率所带来的发展机会和挑战。

切换率对磁性装置大小的影响

20 世纪 70 年代，人们在使用具有 50Hz 变压器的开关电源，它的外形也大而重。一个 250 瓦的电源比鞋盒大，重量约 10 公斤。磁性装置一直是每个电源单元的重要组成部分，因此，它很大程度上影响了开关电源的大小。磁性装置中的可存储能量主要取决于冷却、变压器芯体、磁性和磁化的效率，这些因素也决定了效率。因此，如果要在保持相同功率水平的同时，增加变压器的可存储功率或减小变压器的尺寸，需要提高效率。在不考虑效率要求的情况下，磁性装置的可存储功率近似与效率的平方根成反比。因此，在旧代开关电源中，50Hz 的干式变压器先是被整流，然后通过电子开关从直流输入中产生交流输出。例如，如果交流输出的效率 50kHz，所需的磁性装置尺寸是 50Hz 的 30 分之一，而这也自然会影响到开关电源的体积和重量。在 500kHz 的效率下，磁性装置的尺寸可以进一步减小至原来的三分之一。这意味着，效率有任何额外的增加，磁性装置的尺寸也只能有适度的减小。

切换率对缓冲器和滤波器尺寸的影响

在开关电源中，电容器用于缓冲电流中断的电压，平滑电流和电压的残余纹波，或抑制高频干扰。这些电容器的尺寸也可以随效率呈线性减小，从而致开关电源的体积减小。但是，不包括开关电源输入端的缓冲电容器（无论是否进行功率因数校正），因此这些电容器必

在直流（即 100Hz）下运行。也是不能随意减小开关电源尺寸的原因，除非省略了冲击。

工作温度和冷却对开关电源尺寸的影响

常被人忽略的一点是，如果功率输出不受电流或功率限制，开关电源的最大可能功率主要取决于开关源中允许的最高工作温度和冷却条件。制造商的声明上通常会夸大其，但如果不能提供预期的冷却效果，可能会导致输出功率下降。因此，在开关电源，最好参考制造商提供的能效或功率损失。如果一家制造商允许元件的工作温度明显高于另一家更保守的制造商，开关电源的额定功率可能会高出许多；然而，会大大降低其永久运行期的可靠性。事实上，如今的开关电源可以在开关技术方面已最小化，任何一步的体积减小只能通过散热片或外的空气冷却来实现。但外的冷却会增加成本，特别是空气冷却会产生噪音并可能带来污染，因此，这种方法有待商榷。

能效对开关电源尺寸的影响

如上所述，通过提高切换率来进一步减小开关电源尺寸的方法已寥寥无几。而通过努力提高能效，降低自身水平来增加功率是目前更有希望的方法。

20 世纪 80 年代，也就是开关电源面市初期，工业用开关电源的能效水平约 70% 左右，到了 90 年代，这一水平显著增加至 80% 以上。近十年来，开关电源的能效达到 90% 已成为技术基准。

进一步提高开关电源能效的方法

目前，用于开关电源的装置主要通过谐振开关 FET 提供输入。这些元件价格低廉，由于在零电压或零电流点接通或关断，它的损耗率也非常低，因而非常适合 800 瓦左右电源的需要。如今，100 瓦以上开关电源的输入端常使用升压器，其功率因数（超过 95%）明显高于使用整流器的功率因数。此路元件中必须集成附加电感。使其保持尽量小的体积，不能直接地在无电流或无电压状态下接通或关断的高压断路器。于各种情形，使用新的极速切换半导体开关断路器便非常适合。尤其是，这种开关元件使用了基于砷化镓 (GaAs) 或碳化硅 (SiC) 材料的半导体。这些开关元件的切换率大是硅半导体的十倍。与接通和关断的切换过程（切换过程）显著加快有关。与硅 MOSFETS 相比，这些开关元件仍然非常昂贵，但它价格正在下降，开关电源的价格和性能的一步将展有显著影响。

当前开关电源的拓扑结构

为了确保开关电源的输入端能够符合允许限值的高功率因数，性能在 100 瓦以上的现代开关电源通常采用两级。第一个级产生先行的直流，它采用桥式方式可使整流器的输入电流接近正弦。第二个级通常采用谐振转换器，它将电压降到低的水平，并将输入与输出分离。

进一步的展望

开关电源将不断减小至更合适的尺寸，功率密度也将不断增加，尽管无法再减去 10 至 20 年的展速度。

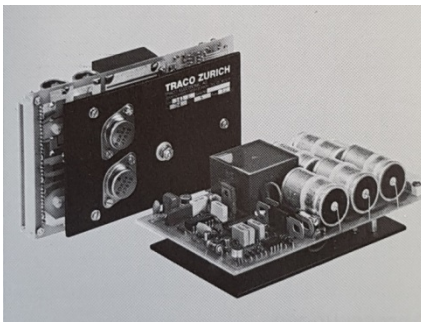
与过去相比，限制因素更多在于以余形式释放的功率损耗，随着尺寸的不断减小，释放的度也将越来越大。

建议

建议用将开关电源的性能数据（特别是功率损耗信息）与声明的额定数进行关联和比较。

为了确保应用的可靠性，鉴于明确的差异，始终秉持怀疑态度并要求澄清。“小即美”的观念只适用于运行过程中产生的功率损失也相对小的情况！

从 1977 年开始采用 Eurocard 的 AC/DC 开关电源
80 瓦（规格 160x100mm，其中不含源滤波器）



从 1990 年开始采用金属封装的 AC/DC 开关电源
100 瓦 (160x93mm)



从 2005 年开始使用的开放式框架 AC/DC 电源
100 瓦 (101x51mm)



从 2015 年开始使用的开放式框架 AC/DC 开关电源
100 瓦 (76x51mm)



联系人：

Yves Elsasser, Traco Electronic AG, Sihlbruggstrasse 111, 6340 Baar, Switzerland

电话： +41 43 311 45 11

传真： +41 43 311 45 45

电子邮箱： ye@traco.ch

网址： <http://www.tracopower.com>