

- (1) 减少开关电源中的器件数量;
- (2) 使集成磁件的最大工作磁密小于各分立磁件的磁密和,以减小磁件铁芯的截面积,从而减小磁件的体积和重量;
- (3) 使集成磁件铁芯磁通的脉动量减小,从而使磁件的铁损耗减小,提高开关电源的效率和功率密度;
- (4) 改善开关电源的性能,如减小开关电源输入和输出电流的纹波,提高开关电源的瞬态响应速度等。这些对提高电源的性能及功率密度有重要意义。

与国外相比,国内对磁集成技术的认识和研究都十分有限。国内对磁集成技术的介绍从 20 世纪 90 年代才开始。最早在 1990 年版的《开关稳压电源》中介绍 Cuk 变换器时,简要提到了磁集成技术的作用。之后,清华的蔡宣三教授对 IM 的概念和分析方法以及 IM-Cuk 变换器的基本原理作了详细的介绍<sup>[3]</sup>。国内磁集成技术研究的开展非常有限,据了解,目前国内仅有福州大学磁学研究所、台达上海电力电子研发中心、以及南京航空航天大学航空电源重点实验室正在从事相关的研究,国内关于磁集成技术的研究报道还很少。

### 1.1.2 平面变压器

平面变压器是一种呈低高度扁平状或超薄型(low profile)的变压器,其高度远小于传统的变压器<sup>[5,9]</sup>。平面变压器用平面铁芯和平面结构绕组实现,工作频率高(50kHz~2MHz),能量密度大(每克约 100W),效率高(通常为 97%~99%),体积小,产品外观和一致性好,漏感和电磁干扰小,适合于自动化表面贴装(SMD),可以较好地实现低压大电流输出,尤其适用于空间和高度存在限制或对节能及散热要求苛刻的地方,所以这种变压器能适应当今开关电源“短、小、轻、薄”的发展趋势,得到了较广泛的应用,可用于通信电源、便携式电子设备(如笔记本电脑)的高密度电源和卡片式 UPS 电源等,例如,50W 高功率密度的板上(on board)开关电源,采用平面 EI 型铁芯,其厚度仅为 0.5cm,平面尺寸为 1.27cm×1.78cm。美国、日本等电力电子强国在电源小型化研究方面投入了大量的人力、物力,并在这方面的研究取得了很大进

展,已经设计出采用扁平连续铜质螺旋线叠积在扁平的铁氧体磁芯上构成磁路的小型平面变压器。美国亚特兰大大学的 JaeY.Park 研制出的小型平面变压器最小尺寸为  $2.6\text{mm}\times 2.6\text{mm}\times 70\mu\text{m}$ 。采用磁性 Mn-Zn 铁氧体与高分子聚合物复合材料,用丝网印刷、光刻和线圈制板等技术制成了可以用于表面安装和集成的小型平面变压器。

### 1.1.3 平面磁集成技术

采用平面变压器和磁集成技术可以显著降低磁性器件的高度,减小磁性器件的体积和重量,提高磁性器件的功率密度及开关电源的性能,从而成为实现开关电源“短、小、轻、薄”的重要手段。近年来人们对平面变压器和磁集成技术的研究越来越重视,有的已经实现了产品化,为电源技术的发展做出了贡献。2001年杨玉岗老师把平面变压器和磁集成技术结合在一起,提出了平面磁集成技术的概念,即将平面磁性器件(包括平面变压器和平面电感)集成在一起,综合了平面磁件和集成磁件的优点,为进一步实现开关电源的“短、小、轻、薄”提供技术支持,这是平面变压器和磁集成研究的一个重要方向<sup>[5]</sup>。

平面磁集成技术研究的主要内容包括:平面集成磁件的铁芯材料及结构,如平面型铁氧体磁性材料和纳米薄膜磁性材料;平面集成磁件的绕组材料和绕组结构,如多层印制电路和厚膜技术;平面集成磁件的设计理论与方法,平面集成磁件在高频(1MHz 以上)工作时的损耗问题和产生的泄漏电磁场及其对开关变压器电路的电磁干扰问题,分布参数的精确计算与测量等问题,以及平面集成磁件在开关电源中涉及的各种问题等。

## 1.2 本文的选题意义和研究内容

### 一、选题意义

本文选题为“开关变换器中平面集成磁件的设计理论研究”,选题意义在于: