

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:

1. 平面磁集成技术的应用研究是电力电子技术研究领域的一个重要方向。目前,国内磁集成技术研究的重点仍局限于传统的拓扑研究,对平面磁集成技术的认识和研究十分有限。因此,本课题的研究将有助于推动国内开展平面磁集成技术的研究和应用;

2. 研究开关变换器中平面磁集成技术的应用,综合考虑电路和磁路特性,有利于开关变换器的整体优化设计;

3. 平面磁集成技术对变换器的小型化、轻量化有重要意义,非常适用于对体积、重量要求严格的应用场合。因此,研究开关变换器中平面磁集成技术的应用,可为进一步实现开关电源的“短、小、轻、薄”提供技术支持。

## 二. 课题研究目标

磁性器件是开关电源高频变压器中的核心部件,磁性器件的高度、重量、损耗和成本等在开关电源高频变压器中占有较大的比重。所以,开关电源高频变压器的“短、小、轻、薄”离不开磁性器件的“短、小、轻、薄”,而集成磁技术尤其是平面集成磁技术的发展是实现磁性器件及开关电源高频变压器“短、小、轻、薄”的重要途径,所以本课题拟开展开关电源高频变压器中平面集成磁技术的研究,其目标是试图研究出集成磁件(主要是平面集成磁件)的设计基础理论和高频集成变压器的数学模型,为实现磁性器件和开关电源高频变压器的“小、薄、轻”提供有效的手段。

## 三. 本文的研究内容

为了满足开关变换器平面集成磁件设计和应用的需要,本文在以下几个方面做了一些工作:

(1) 回顾了磁集成技术发展的历史,总结了磁集成技术的研究内容及研究领域,介绍了平面磁集成技术的概念。

(2) 介绍了磁件电路模型的建立方法——磁路—电路对偶变换法;分析了电感与电感、变压器与变压器的集成方法以及另外一种特殊的集成方法——解耦集成法。

(3) 提出由分立磁件变换器导出集成磁件变换器以及建立等效电路的新方法,该方法简单、实用,使集成磁技术研究中的相应工作得到简化。

(4) 针对 DC/DC 变换中的一种 LLC 谐振变换器,研究了几个集成磁件

的设计，分析了每种设计的优点和缺点。在设计集成磁件结构过程中，得到了一个四线圈集成磁件结构，并且该结构也能被推广用于不同拓扑结构的磁件集成中。

(5) 研究了平面集成磁件具体的设计方法，根据 LLC 谐振变换器，把一个谐振电感和隔离变压器集成到一起，设计了一个平面集成磁件，为平面集成磁件的设计提供了一个比较详细的设计方法。