

## 4 用于 LLC 谐振变换器中的集成磁件

本章提出了一种新型的 LLC 谐振变换器,可用于分布式功率系统中的前置 DC/DC 变换器。讨论了电路的特点和工作方式。利用仿真比较了 LLC 谐振变换器和其它传统 PWM 变换器的效率,说明 LLC 谐振变换器具有优良的性能,能提高变换器的工作效率。通过研究集成磁件的设计问题,提出了一个广泛使用的集成磁件通用模型,它能用于研究不同的线圈和气隙结构。在这个通用模型基础上,研究和比较了几个用于 LLC 谐振变换器的集成磁件的设计,分析了每种设计的优点和缺点。

### 4.1 一种用于前置 DC/DC 变换的 LLC 谐振变换器

#### 4.1.1 介绍

为了提高 DC/DC 变换器的功率密度和效率,我们应该改进变换器在高频下的工作能力,使它具有更高的工作效率。因为谐振变换器具有高效、高开关频率、高功率密度的特点,逐步成为我们研究的重点。以前,研究人员对串联谐振变换器(SRC)<sup>[16]</sup>和并联谐振变换器(PRC)<sup>[17]</sup>的特点和工作方式已经进行了很多的研究,发现它们各有优点和缺点。比如,对 SRC,在小负载下设计输出电压的控制电路一直是个难题。对 PRC,能量循环会损害高线性度或小负载时的效率。本文针对分布式功率系统(Distributed Power System,简称 DPS)研究了一种新型的 LLC 谐振变换器。

分布式功率系统由于它的高效性、高稳定性和灵活多变性而广泛应用于计算机和通信功率系统中<sup>[18,19]</sup>。图 4-1 显示了经常使用的 DPS 结构,前置变换器(Front-end Converter)包括功率因数校正(PFC)和前置 DC/DC 变换器。功率因数校正部分把交流线电压输入转换成 400V 的中间总线电压,前置 DC/DC 变换器把 400V 的直流电变成互相分离的 48V 直流电。在单相式前置变换器中,1kw 模块是最常用的。

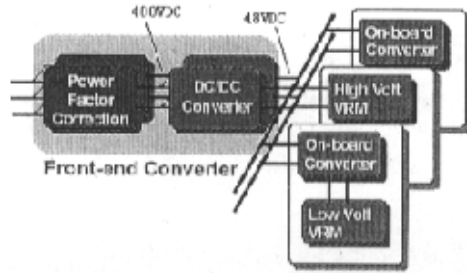


图 4—1 分布式功率系统

当交流输入中断时，滞后时间要求系统在全功率状态运行 20ms。在滞后时间内，系统从 400V 总线电容上吸收能量，使总线电压下降。标准设计中前置 DC/DC 变换器输入电压范围应为 300V—400V。电路正常工作在 400V 的高输入电压下。在滞后时间内，输入电压降到 300V。这个特殊的要求增加了设计前置 DC/DC 变换器的困难。对很多的 PWM 拓扑结构，在高输入电压下，效率将要降低。一个最佳设计必须保证在高输入电压下有高效率。

对此，本文提出了一种新型的 LLC 谐振变换器，图 4—2 显示了 LLC 谐振变换器的电路图，优点是：

(1) 在零到全负载范围内具有 ZVS 功能，MOSFET 关断电压低，因此变换器的关断损耗是非常低的。

(2) 高输入电压下具有高效率，可以在正常工作条件下对变换器进行最优设计。

(3) 变换器副边没有滤波电感，副边整流管的电压应力低，能被减少到两倍的输入电压。

(4) 变换器的磁性器件能很容易的集成到一个磁芯上。并且，变压器的励磁电感和漏电感也能被利用。

与 PWM 变换器相比较，该拓扑结构提供了更低的开关损耗和导通损耗，可得到更高的工作效率和发挥更大的高频工作潜能。而且，在高输入电压下，能够确定变换器的最佳特性，可实现变压器的最优设计，这在所知的 PWM 变换器中是不可能的。