

将电磁炉应用的IGBT性能提升至最高

Maximizing IGBT Performance in Induction Cookers

Alan Ball 安森美半导体

摘要：当寻求将电磁炉应用中使用的IGBT的效益提升至最高时，需要顾及几项参数，包括IGBT的厚度及裸片尺寸等物理特性，IGBT的饱和电压、阻断电压及开关损耗等电气特性。优化这些不同参数中的任何一种，都表示必须在某种程度上损及其它参数。因此，对于工程师而言，重要的是充分理解各种参数涉及到的权衡取舍。本文网络版地址：<http://www.eepw.com.cn/article/170170.htm>

关键词：电磁炉；IGBT；安森美

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2013.10.018

电磁炉拓扑结构

电磁炉设计中有两种常用的拓扑结构，即谐振半桥和准谐振反激。图1及图2详细描绘了这两种拓扑结构的电源段。谐振半桥拓扑结构通常用于多灶炉具，而准谐振拓扑反激结构通常用于单灶炉具及煮饭煲。

就图1显示的谐振半桥拓扑结构而言，电容C2用作缓冲器。它调节关闭期间的集电极-射极饱和电压（VCE）的上升速率，因而影响在此期间损耗的能量。此电容值需要在其限制尖峰的能力与晶体管开关损耗之前作出平衡，因为此节点的电压波形

接近于方波。开关波形如图2所示。

这类转换器通过改变开关频率来控制输出功率。它是串联谐振电路，最低功率等级时开关频率处于最大值。从图3中可以看出，电流包含正弦分量，但在波形能完成其正弦过渡之前极性被切换。随着功率等级上升，频率下降，电流波形的峰值也上升，为负载提供更多功率，趋向更接近于真正的正弦波。在电流振荡周期的正斜坡期间，IGBT1导电。在振荡周期的负斜坡期间，IGBT2导电。图2的波形显示的是IGBT2的门极和集电极电压。IGBT的额定阻断电压通常

约为600V，因为它们直接连接至整流直流电压（VDC）；对于240V系统而言，VDC约为峰值340V。感应的任何电压尖峰都会被跟IGBT共同封装的二极管钳位。

图3显示了用于单灶电磁炉及煮饭煲的准谐振反激电源段。当IGBT导通时，流过IGBT及电感的电流线性上升。当IGBT关闭时，IGBT的电流下降，下降时间由器件的关闭速度决定。这就为电流IC提供总体上呈三角形的波形。电感电流以基于L1C1时间常数的周期谐振。当L1C1谐振储能电路振荡时，电路两端的电压呈现正弦波形。因此，在IGBT关闭时VCE为正弦波形。这种特殊拓扑结构的谐振电压幅度可能会高达1,000V；因此，这种拓扑结构使用的IGBT阻断电压通常约为1,200V，因为IGBT的集电极连接至谐振储能电路。

图4显示了这类转换器的典型开关波形。这些波形在1,200W功率等级时捕获。可以看出峰值电压恰好低于1,000V，峰值集电极电流约为45A。这些电压及电流电平要求大功率晶体管，如非常适合此应用的IGBT。

由于单端电磁感应系统使用零电压开关（ZVS）技术，导电及关闭损耗将被证明极为重要。相对而言，导通损耗可以忽略不计，特别是在常规负载及满载条件下。这是因为谐振储

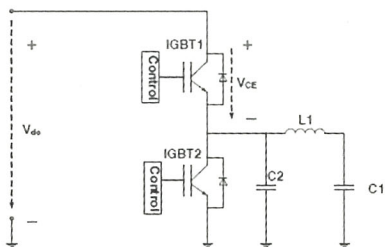


图1 电磁炉电源段的谐振半桥拓扑结构

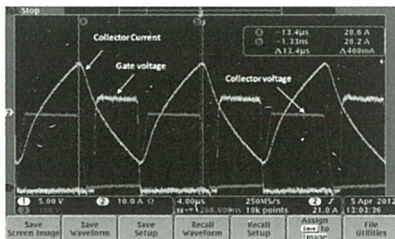


图2 谐振半桥拓扑结构的波形图

设计思路

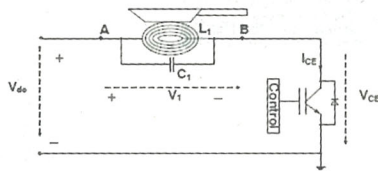


图3 电磁炉电源段的单端拓扑结构

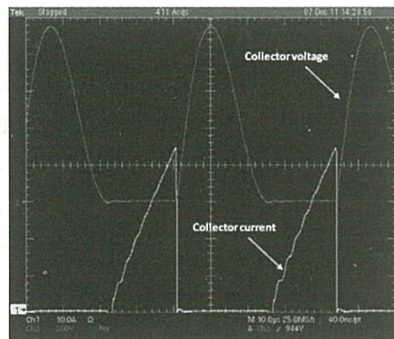


图4 单端拓扑结构开关波形示例

能电感中存储的感应能量在中高负载时足以使IGBT集电极电压摆动，使其为零或负值。出现这种情况时，跟IGBT联合封装的二极管导电，IGBT

两端的电压为负值。由于功率损耗是电压与电流的乘积，IGBT在此情况下的导通功率损耗极小。

在负载变轻时，导通损耗相对于总功率损耗的比例显著增大。在较轻负载条件下，LC储能电感并未存储足够的感应能量，在IGBT再次导通前，无法使IGBT的集电极电压摆动。相应地，跟IGBT联合封装的二极管就不导电，导通时的IGBT电压因此也就更高。在中到大负载条件下，总功率损耗的主要成因就是导电及关闭损耗。

跟使用非穿通型（NPT）技术的IGBT相关的较高饱和电压是目前市场上电磁炉系统导电损耗较高的主要原因。这些损耗，再加上关闭损耗及导通损耗，对这类应用的IGBT总能耗有严重影响。相反，使用场截止技术的IGBT较低的饱和电压使导电损耗能够降低，并能降低系统功率消耗等级。

此外，这种技术还通过降低漂移区剩余的电荷载流子的浓度，将IGBT关闭期间出现的损耗降至最低。安森美半导体的NGTB25N120IHL是一款使用场截止技术开发的IGBT器件，专门针对电磁炉应用进行了优化，能够用于为电磁炉设计构建更强固、更高性价比的方案。

单端电磁炉使用ZVS技术，导电损耗及关闭损耗是IGBT总功率损耗的主导成分。能够通过使IGBT设计在饱和电压（ $V_{CE(sat)}$ ）和开关速度之间提供最优折衷取舍，来提升这些应用中使用的IGBT的能效。使用基于场截止技术的IGBT表示能够提供更低饱和电压，相应地会降低导电损耗。这就使这些器件非常适用于电磁炉应用，并将促进这些电器在全球市场大幅增多。[BW]