

IGBT在电磁炉应用研究

Appliance Research of IGBT in Induction Cookers

■ 吴伟宾 珠海格力电器股份有限公司家电技术研究院（广东 珠海519070）

摘要：本文先介绍IGBT在电磁炉的应用，分析电磁炉的各种控制电路，根据IGBT在电磁炉最普遍的应用方式，分析IGBT可能会出现故障的原因，提出IGBT在电磁炉应用过程中应注意的事项，提高IGBT的可靠性，从而达到提高电磁炉的安全可靠性的目的。

关键词：电磁炉；控制电路；IGBT；IGBT故障；安全可靠

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2012.1.012

引言

电磁炉作为清洁卫生、高效节能、使用方便的厨房电器，已走进中国的千家万户，为中国老百姓带来生活上的方便，提高老百姓生活素质。

针对电磁炉普及范围的不断加大，电磁炉的市场份额也在不断的加大，相关电磁炉的质量也出现了参差不齐的情况。

电磁炉控制线圈产生高速交变磁场，高速交变磁场作用于锅具产生涡电流，电流的焦耳热就可以加热食物，这种加热方式由于减少了中间过程的热传导，从而具备相当高的热效率。电磁炉的控制高速交变磁场的产生，主要通过电磁炉的功率开关器件IGBT来实现，IGBT的性能及控制方式对电磁炉的质量起到尤为关键的作用。实际使用过程中，电磁炉出现故障，IGBT击穿短路占了很大一部份比重。IGBT什么情况下会出现击穿呢？如何提高IGBT的可靠性及安全性？成

为电磁炉开发过程中急需解决一个问题。

主要内容

IGBT参数

IGBT属于三端器件，具有栅极G、集电极C及发射极E，结合了GTR和GTO的优点，具备开关速度快，通流能力强，输出阻抗高，热稳定性好，驱动功率小，驱动电路简单等优点。成为中小功率电力电子设备主导器件。IGBT的主要参数：最大集射极间电压，最大集电极电流，最大集电

极功耗。

IGBT的驱动电路

IGBT可采用以下几种驱动方式：分立元件驱动方式（互补三极管直接驱动），变压器隔离驱动方式，专用驱动芯片方式等。

分立元件驱动方式，用互补三极管组成驱动电路，一般用于不用隔离、且IGBT的集电极电流不用过大的电路中。如需达到隔离效果，可在前端增加光耦进行隔离，此驱动方式电路简单、成本低，但容易出现IGBT导通与关断过程中出现较大振荡的情形，可靠性较低。

变压器隔离驱动方式，采用一个变压器达到芯片输出与驱动信号的良好隔离，此方式可以很好地达到隔离的效果，可以有效地避免IGBT高频大电流对芯片的干扰，但由于变压器的存在，属于感性元件，信号的同步性

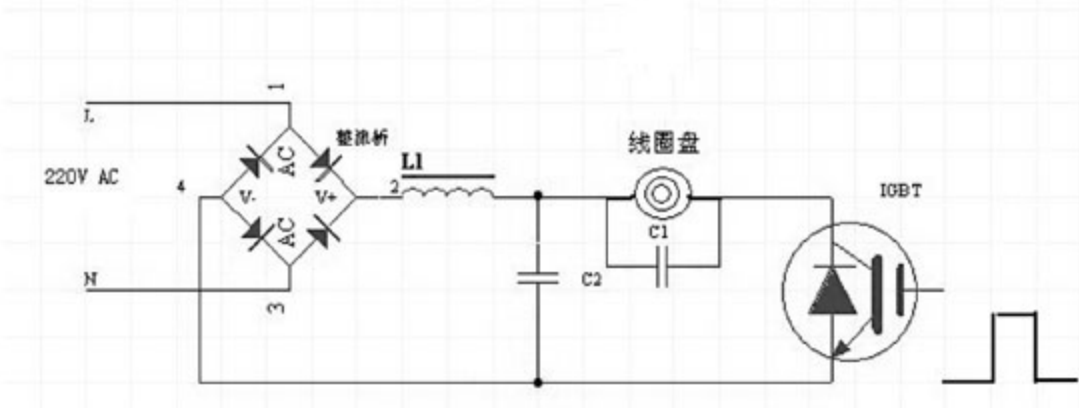


图1 单管控制电路

不是很好。

专门驱动芯片驱动方式，采用专用芯片驱动IGBT，由于驱动芯片电流驱动能力大，关断速度快，在IGBT导通与关断过程中振荡较小，可靠性较高，驱动芯片一般不带隔离功能，如需达到隔离的效果，需要增加光耦或者采用带隔离功能的驱动芯片。

IGBT在电磁炉的应用

电磁炉运行需要产生高速交变的磁场，主要通过IGBT控制线盘的充放电来实现，同时由于电磁炉的线盘属于电感器件，一般应用于电磁炉IGBT内部都集成了一个阻尼二极管用于续流作用，如内部未集成阻尼二极管则需外接阻尼二极管，针对IGBT对线盘的控制将电磁炉的控制方式分为：单管电路、半桥电路、全桥电路几种方式，其原理如图1、图2、图3所示。

单管控制电路

线盘与电容组成LC并联谐振，其控制方式按照如下方式进行工作：IGBT导通时，电流通过电感L1向线圈盘充电，线圈盘电流增加。当IGBT截止时，线圈盘电流向电容C1充电，线圈盘电流逐渐减少，C1电压逐渐增加，当线圈盘电流减少至0时，C1两端电压达到最大。接着C1向线圈盘放电，线圈盘电流从0开始反向增大，

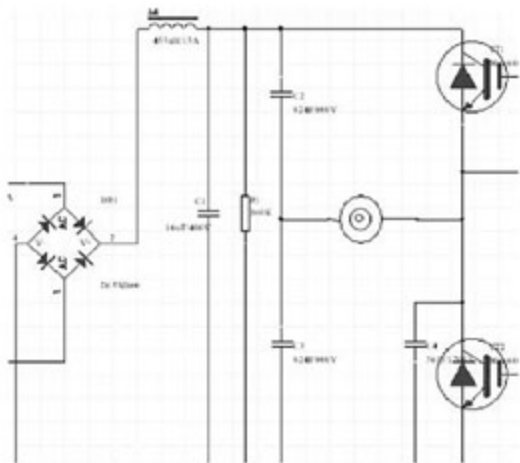


图2 半桥控制电路

直至C1放电完毕，接着，由于IGBT阻尼二极管的存在，线圈盘向C2充电，从而完成一个震荡周期。从而通过控制IGBT的通断，达到产生一个持续震荡电流，从而达到加热的目的。

半桥控制电路

线盘与电容组成LC串联谐振，首先上桥IGBT导通，下桥IGBT截止时，电源对线盘进行充电，接下来上下桥IGBT同时截止，线盘继续对电容进行充电，电流逐渐变小，直至电流为零，电容两端电压达到最大。接下来下桥IGBT导通，上桥IGBT截止，电容对线盘进行放电。接下来上下桥IGBT同时截止，线盘对上桥电容进行充电，电容下端电压下降。从而完成一个振荡过程。该电路IGBT驱动需有满足要求死区控制，防止上下桥同时导通，出现短路现象。在线盘充电过程中，线盘两端的电压由于串联电容的存在，逐渐减小，电流值上升幅度逐渐减小。

全桥控制电路

线盘不单独串联或并联电容，而是通过IGBT及内部的阻尼二极管与电源电容形成充放电的过程，其振荡过程如下：首先其中一对角IGBT V1、V3同时导通，另一对角IGBT V2、V4同时截止，电源对线盘进行充电，

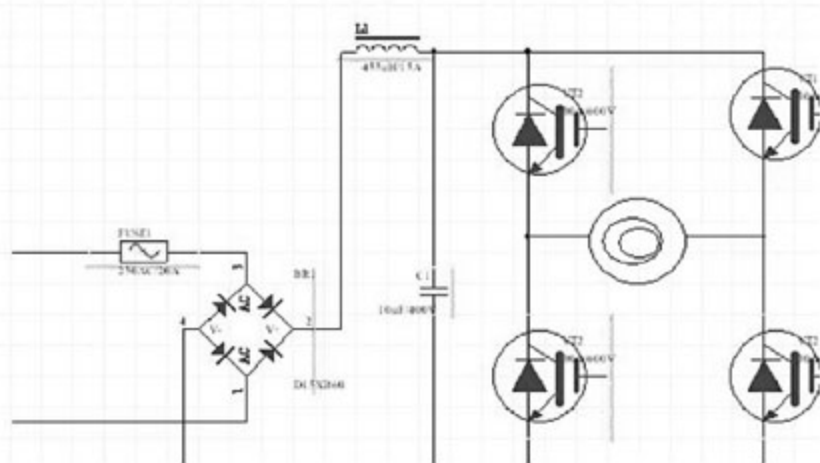


图3 全桥控制电路

电感两端电压不变，电流逐渐增大，接下来4个IGBT同时截止时，线盘通过阻尼二极管反向对电源电容进行充电，接下来其中一对角IGBT V2、V4同时导通，另一对角IGBT V1、V3同时截止，线盘进行放电，接下来4个IGBT同时截止。以上循环进行，完成一个振荡过程。该电路IGBT驱动需要满足要求的死区控制，防止同一位置上下桥同时导通，出现短路现象。在线盘充电过程中，线盘两端的电压为电源电压。电流理论上可达到无限大。

各种控制方式的优缺点分析

单管控制电路只使用一个IGBT，成本低，但LC为并联谐振，在线盘放电过程中会对电容进行充电，从而使IGBT反压高，功率受到一定的限制，一般最大功率都在3000W以下，同时需判断IGBT的集电极电压是否已在零点或以下，如不在零点或以下，由于电容的存在，如此时IGBT导通将会产生很大冲击电流，从而使IGBT容易出现击穿情形，使其外围电路较复杂。

半桥控制电路，使用到两个IGBT，成本偏中，IGBT反压低，可以满足大功率的开发要求，外围电路较简单，LC属于串联谐振，由于电容的存在，线盘两端的电压在充电过程中

处于下降过程，最大电流出现在充电过程中电容电压等于电源电压，功率提升受到一定的限制，但相对单管，功率还是有较大的提高，其最大功率可达到几万W。

全桥控制电路, 用到4个IGBT, 成本最高, IGBT反压低, 外围电路简单, 由于线盘在充电过程中, 两端电压基本上等于电源电压, 故理论上, 电流可达到无限大, 在所有三种电路中, 全桥电路可达到最大功率要求, 一般最大功率可达几十万W。由于在充电过程中电流可达到很大, 一般需要增加限流电路以避免驱动异常而使电流过大, 出现IGBT击穿的情况。

IGBT在单管电磁炉应用的故障分析

由于目前大部分家用电磁炉对功率要求不是很高, 为节约成本, 大部分采用的为单管控制方式, 由于单管电路本身存在的一些缺陷, 同时由于电路的复杂性, 使其控制器存在一定的不可靠性, 其最大的故障出现在IGBT工作期间, 由于控制电路本身的局限性及控制精度, 可能存在IGBT出现击穿的情形, 其击穿原因可分为以下几种情形:

IGBT热损坏

当IGBT温度超过100度, IGBT的集电极耐电流能力急剧下降, 当其温度达到200度左右时, IGBT将会出现热击穿, 故IGBT必须散热充分, 以防止温升过高。

IGBT阻尼二极管电压击穿

在IGBT截止, 线圈盘向电容C1充电时, C1电压将不断上升, 当线圈盘电流减少到0时, C1的电压将达到最大, 此时加在IGBT阻尼二极管的电压也达到最大, 正常条件下, 单管最大功率2000W左右时, 反向电压可达到1000V左右, 当线圈电感波动或者电源出现波动的情况下, 反向电压可能更大, 所以IGBT的阻尼二极管耐压

能力需达到1200V以上。

IGBT电流击穿

IGBT在过电流工作的情况下, 很容易出现击穿情况。而根据电磁炉的控制方式进行分析, IGBT出现过电流存在以下几种情况:

上电开机IGBT导通瞬间, 由于电容C1两端电压不能出现突变, 故在IGBT导通时, 会产生一个很大的电流通过C1至IGBT, 此电流可达到100A左右, 此电流如果持续时间长, 将使IGBT出现瞬间电流击穿。

电磁炉的满功率运行的电流值, 此电流值将决定IGBT额定电流值的选择, 当IGBT的电流值接近电磁炉的最大功率运行电流, 长期在此种情况下工作, IGBT的温升较大, 将影响IGBT的使用寿命。
移锅、颠锅出现异常电流, 由于电磁炉锅具的不同, 使用过程中会出现移锅、颠锅的情形, 在移锅、颠锅过程中, 由于负载出现变化, 如此时电磁炉判断不及时, 将会出现在锅具移动过程中会有异常大电流的出现。

同步电路检测出现误差, 目前单管控制的电磁炉都需要有一同步电路来检测IGBT集电极的电压是否为零, 只有当其电压接近为零或少于零的情况下, 才能导通IGBT, 否则将会出现IGBT集电极与发射极存在压差而导致IGBT导通时通过电容产生大电流, 从而导致IGBT出现电流击穿。

解决措施

针对IGBT出现热击穿现象, IGBT必须散热充分, 保证正常温升范围。

针对单管控制电磁炉存在反压较高的情况, 设计阶段必须保证反压控制在IGBT最大反压内, 一般需要增加

过压保护电路进行控制。

由于IGBT在各种情况下都不能超过其集电极电流, 一般也需要增加限流电路以避免异常电流的出现。

为避免在IGBT刚开始导通时, 由于电容C1两端电压不能突变, 而产生的大电流, 一般C1的容量不能太大, 太大会增大IGBT刚开始导通时的冲击电流, 但C1又不能选择太小, 太小的话, 在线盘放电期间, IGBT反压会增大。该电容的选型需根据实际情况进行综合考量。

针对移锅、颠锅可能会出现异常大电流, 一方面可通过增加限流电路来限制, 另一方面得加强软件设计过程中电流检测、处理的快速性。

同步电路需采用高精度器件, 器件需保证高可靠性, 零点检测需准确, 确保IGBT导通时, 集电极电压接近零或小于零。

IGBT选型需保证足够的余量, 如集电极电流、阻尼二极管的反压等各个方面需保证足够的设计余量。以保证器件的可靠运行。

结束语

本文通过分析IGBT在电磁炉中的应用, 针对最常用的应用方式, 分析可能出现的各种情况, 提出了有效的解决办法, 通过各种情况综合考量, 可以有效地降低IGBT的故障率, 提高电磁炉的可靠性。EPC

参考文献:

- [1] 王兆安, 黄俊主编. 电力电子技术[M]. 北京: 机械工业出版社
- [2] 童诗白, 华成英主编. 模拟电子技术基础(3版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000-07
- [3] 康华光主编. 电子技术基础数字部分(4版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001
- [4] 卫三民, 李发海. 一种大功率IGBT实用驱动及保护电路[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2001, 41(9)
- [5] 王绍华. 电磁炉IGBT管损坏的十大原因[J]. 无线电, 2008, (12): 84-85