

LIMA

劉 成
Sales Engineer
S.Z.Mobile:136-8239-6505
MSN:szlima@hotmail.com
QQ:778174600

AVAGO 光耦一级代理商
TECHNOLOGIES

利瑪電子(新加坡)有限公司

Add:深圳市華強北電子科技大廈A座3908室

Tel:0755-8250 8350 Fax:0755-8836 4656

E-mail:lima@limaic.com

Website:www.limaic.com

Optocoupler
World



第一章 超音频电源主电路建立

第一节 IGBT 的应用及栅极特性

1.1.1 IGBT 的应用

IGBT是一种复合功率器件，它集双极型功率晶体管和功率MOSFET的优点于一体，具有电压型控制，输入阻抗大、驱动功率小，控制电路简单，开关损耗小，通断速度快，工作频率较高，元件容量大。它不仅达到了晶闸管不能达到的频率（60kHz以上），而且正在逐步取代快速晶闸管。国外1kHz~80kHz的感应加热已广泛应用IGBT，这是感应加热电源的发展方向图1-1为国外各种功率器件。

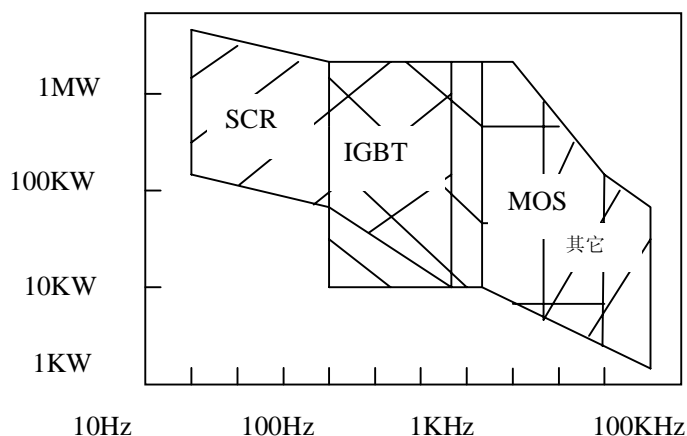


图 1-1 各种功率器件的应

IGBT是电压控制型器件，在它的栅极-发射极间施加十几V的直流电压，只有 μ A级的漏电流流过，基本上不消耗功率。但IGBT的栅极-发射极间存在着较大的寄生电容（几千至上万pF），在驱动脉冲电压的上升及下降沿需要提供数A的充放电电流，才能满足开通和关断的动态要

求，这使得它的驱动电路也必须输出一定的峰值电流。

IGBT作为一种大功率的复合器件，存在着过流时可能发生锁定现象而造成损坏的问题。在过流时如采用一般的速度封锁栅极电压，过高的电流变化率会引起过电压，为此需要采用软关断技术，因而掌握好IGBT的驱动和保护特性是十分必要的。

1.1.2 栅极特性

IGBT的栅极通过一层氧化膜与发射极实现电隔离。由于此氧化膜很薄，其击穿电压一般只能达到20~30V，因此栅极击穿是IGBT失效的常见原因之一。在应用中有时虽然保证了栅极驱动电压没有超过栅极最大额定电压，但栅极连线的寄生电感和栅极-集电极间的电容耦合，也会产生使氧化层损坏的振荡电压。为此，通常采用绞线来传送驱动信号，以减小寄生电感。在栅极连线中串联小电阻也可以抑制振荡电压。

第二节 IGBT电源结构及工作原理

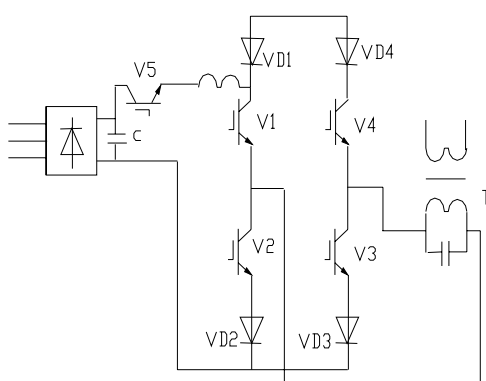
1.2.1 IGBT 主电路

主电路采用并联谐振式逆变器，主电路如图1-2所示。

电流源并联谐振逆变器具有负载适应性强，抗负载短路能力强等优点，该设备的波形较好，有利于提高装置的效率和可靠性。

主电路为三相全波不控整流加滤波，再经斩波后输入给逆变器。由于采用IGBT斩波频率较高

图1-2 主电路图



（约为20kHz），输出波形较好，电抗器尺寸将可缩小为原来的1/3。

该装置的整流桥采用普通整流二极管，滤波电容为电解电容450V/1500 μ F，斩波IGBT及二极管为富士公司产品，平波电抗器为自制，逆变IGBT也是富士公司产品，谐振回路电容为特制的超音频电容器，功率输出变压器为自行设计生产。

1.2.2 IGBT的选择

1. 集射极击穿电压 U_{CES}

集射极击穿电压 U_{CES} 即 IGBT 最高工作电压，它取决于 IGBT 内部的 PNP 晶体管所有承受的击穿电压的大小。击穿电压的大小与结温度系数关系，其值大约 0.63V/°C。

2. 开启电压 $U_{GE(th)}$ 和最大栅射极电压

开启电压 $U_{GE(th)}$ 是 IGBT 导通所需的最低栅射极电压，即转移特性与横坐标的交点电压。 $U_{GE(th)}$ 具有负温度系数，其值大约为 5mV/°C。在于 25°C 时，IGBT 开启电压一般为 2~6V。由

于 IGBT 的驱动为 MOSFET，应将最大栅射极电压限制在 20V 以内，其最佳值一般取 15V 左右。

3. 通态压降 $U_{CE(on)}$

通态压降 $U_{CE(on)}$ 是指 IGBT 处于导通状态时集射极间的导通压降。它决定了 IGBT 通态损耗，此值越小，管子的功率损耗越小。 $U_{CE(on)}$ 值约为 2.5~3.5V。

4. 集电极连续电流 I_C 和峰值电流 I_{CM}

IGBT 集电极允许流过的最大电流 I_C 为 IGBT 的额定电流。 I_C 的大小主要取决于结温的限制。为了防止电流锁定效应的出现，IGBT 也规定了最大集电极电流峰值 I_{CM} 。一般情况下峰值电流的 2 倍左右。常用单管 IGBT 性能参数见表 1-1 所示。

表 1-1 IGBT 性能参数

型号	U_{CES}/V	$U_{CE(on)}/V$	I_C/A		P_D/W
			$T_C=25/^\circ C$	$T_C=100/^\circ C$	
IRGPC40F	600	2.0	49	27	160
IRGPF40F	900	3.3	31	17	160
IRGPH40F	1200	3.3	29	17	160

1.2.3 IGBT 栅极电阻的选择

栅极电阻的选择栅极驱动电压的上升、下降速率对 IGBT 开通关断过程有着较大的影响。IGBT 的 MOS 沟道受栅极电压的直接控制，而 MOSFET 部分的漏极电流控制着双极部分的栅极电流，使得 IGBT 的开通特性主要决定于它的 MOSFET 部分，所以 IGBT 的开通受栅极驱动波形的影响较大。IGBT 的关断特性主要取决于内部少子的复合速率，少子的复合受 MOSFET 的关断影响，所以栅极驱动对 IGBT 的关断也有影响。

在高频应用时，驱动电压的上升、下降速率应快一些，以提高 IGBT 开关速率降低损耗。在正常状态下 IGBT 开通越快，损耗越小。但在开通过程中如有续流二极管的反向恢复电流和吸收电容的放电电流，则开通越快，IGBT 承受的峰值电流越大，越容易导致 IGBT 损害。此时应降低栅极驱动电压的上升速率，即增加栅极串联电阻的阻值，抑制该电流的峰值。其代价是较大的开通损耗。利用此技术，开通过程的电流峰值可以控制在任意值。

由以上分析可知，栅极串联电阻和驱动电路内阻抗对 IGBT 的开通过程影响较大，而对关断过程影响小一些，串联电阻小有利于加快关断速率，减小关断损耗，但过小会造成 di/dt 过大，产生较大的集电极电压尖峰。因此对串联电阻要根据具体设计要求进行全面综合的考虑。

栅极电阻对驱动脉冲的波形也有影响。电阻值过小时会造成脉冲振荡，过大时脉冲波形的前后沿会发生延迟和变缓。IGBT 的栅极输入电容 C_{ge} 随着其额定电流容量的增加而增大。为了保持相同的驱动脉冲前后沿速率，对于电流容量大的 IGBT 器件，应提供较大的前后沿充电电流。为此，栅极串联电阻的电阻值应随着 IGBT 电流容量的增加而减小。

第二章 逆变控制

第一节 SG3525集成PWM控制器

2.1.1 SG3525集成PWM控制器

斩波控制采用SG3525脉宽调制型控制器，SG3525是集成PWM控制器件，控制功能比较完备用于斩波十分合适，全推挽输出形式，其输出峰值为 $\pm 500\text{mA}$ ，电源电压为 $(8\sim 35)\text{V}$ ，内部设有欠压停止电路，当电压过低时，输出级截止。具有 5.1V ，温度系数 $\pm 1\%$ 的基准稳压电源，误差放大器、振荡器频率为 $100\text{Hz}\sim 400\text{kHz}$ （其值由外接电阻 R_t ，电容 C_t 决定）的锯齿波振荡器，软起动电路，同步电路，关闭电路，脉宽调制比较器，RS寄存器及保护电路。SG3525原理框图如图2-1所示。

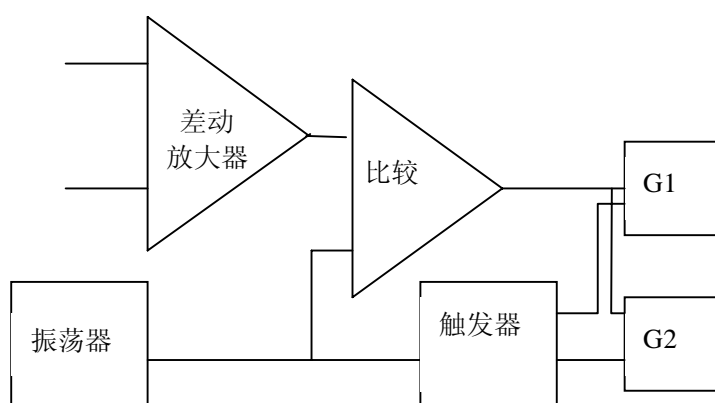


图 2-1 SG3525 原理框图

第二节 逆变控制

2.2.1 逆变控制

IGBT为自关断器件，既可工作在容性又可工作在感性。然而工作在容性或感性都将引起电压或电流的毛刺，因此采用锁零电路，使电源基本上工作在谐振状况。在这种情况下，电压的正弦波和电流的方波（谐振回路上）都比较好，这不仅对减少开关损耗，增加器件寿命有重要意义，而且也减轻了阻容吸收的负担。

常见的他激转自激线路这里也没有选用，他激转自激，是指在低电压使用他激信号，随着电压的升高自动变为自激信号，这也就使它有一个缺点，当感应器换掉，他激和自激频率有差异时，就会产生电压上升过程中过流的现象。在我们的设备是将他激的固定频率发生器改进为变频的频率发生器，既从 100kHz 逐步变为 10kHz ，同时检测谐振电压，在谐振点时变自激并且过零触发，保证设备工作在零度。逆变线路控制框图如图2-2所示。

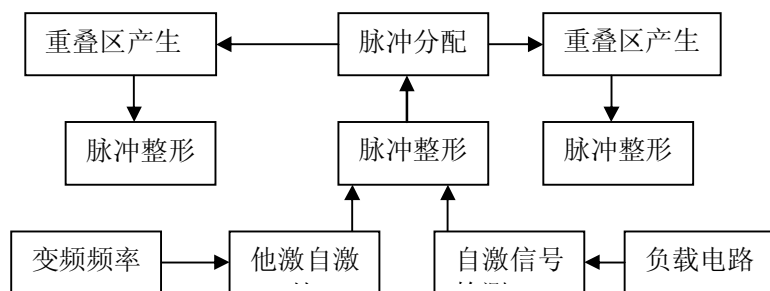


图2-2 逆变线路控制框图

这种逆变控制方式既防止了他激转自激过程中的逆变失败，又防止了小信号下线路找不到自激频率情况。SG3525原理接线图如图2-3所示。

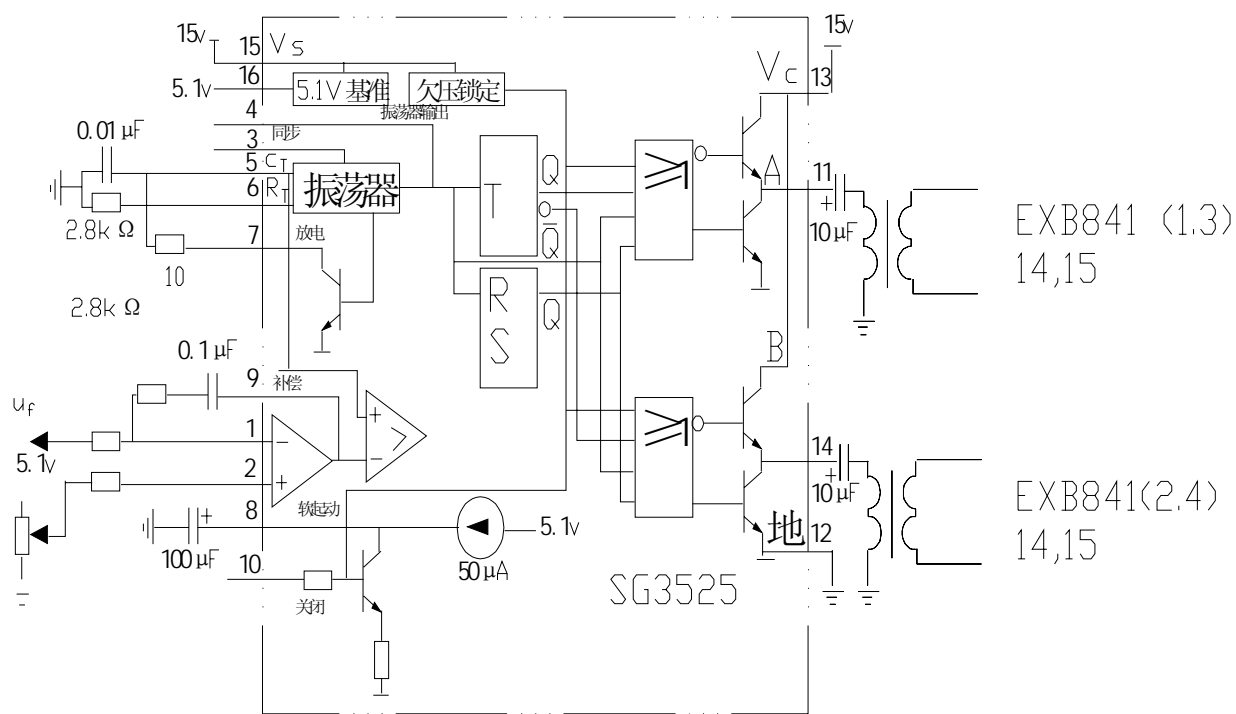


图2-3 SG3525原理接线图

第三章 IGBT驱动电路

第一节 EXB841驱动电路

IGBT可采用有源或无源两种驱动方式，无源驱动相对线路简单，但波形调整不是很方便，为此采用富士公司841这种线路，如图3-1所示，对于841很多文章有介绍，这里只提两个问题：

(1) 在841保护时并未完全封锁脉冲，这给器件安全构成威胁，因此在过流输出和驱动信号输入之间加了一个RS触发器，在有过流输出时完全封锁驱动脉冲。

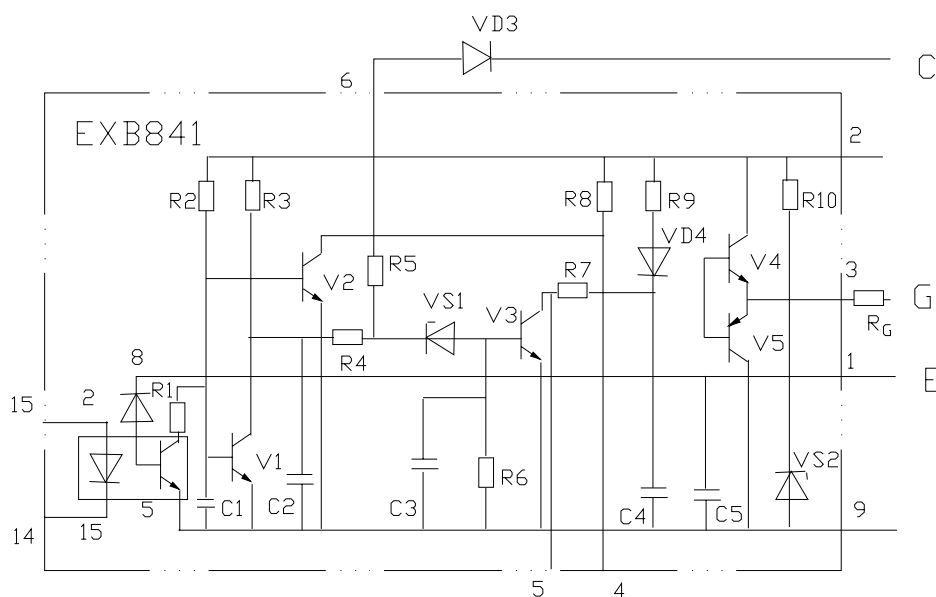


图3-1 EXB841驱动电路

(2) 841过流是检测IGBT在门极导通时CE间的电压，当超过6V延迟10 μ s则判断为过流。但实践中发现很多IGBT在CE间电压6V时已经损坏，因此我们在IGBT的C极和841的第6脚串一个3V稳压管，使841检测值由此6V降低为3V实践证明这样改进明显增加了841对过流判断的灵敏性，使线路不仅能正常的驱动元件而且在过流时能更有效的保护器件。

第二节 过流和过压的保护

(1) 过流IGBT相对SCR来说抗过流能力比较弱，因此线路设计一定要保证IGBT的安全。主要靠两个办法：一个是841过流保护，但这种方式风险性较大，二是在电抗器和逆变桥输入之间串了一个电流传感器，当它的输出值超过预定值时，一方面封锁斩波脉冲，另一方面封锁逆变脉冲，这一措施使IGBT通过了负载短路实验的考验。

(2) 过压在这种的谐振电路里主要有两种过压产生：1、随着负载电流和电压角度的增加，负载电压会越来越高，这会对器件构成威胁，解决的办法是逆变控制锁0度，另外在负载上加电压传感器检测电压的大小，当过大时加以控制。2、换流过程中的电压毛刺，这种现象主要靠加阻容吸收，值得注意的是逆变电路中的二极管也需要加阻容吸收。

第三节 栅极串联电阻的选择

栅极驱动电压的上升、下降速率对IGBT开通关断过程有着较大的影响。IGBT的MOS沟道受栅极电压的直接控制，而MOSFET部分的漏极电流控制着双极部分的栅极电流，使得IGBT的开通特性主要决定于它的MOSFET部分，所以IGBT的开通受栅极驱动波形的影响较大。IGBT的关断特性主要取决于内部少子的复合速率，少子的复合受MOSFET的关断影响，所以栅极驱动对IGBT的关断也有影响。

在高频应用时，驱动电压的上升、下降速率应快一些，以提高IGBT开关速率降低损耗。在正常状态下IGBT开通越快，损耗越小。但在开通过程中如有续流二极管的反向恢复电流和吸收电容的放电电流，则开通越快，IGBT承受的峰值电流越大，越容易导致IGBT损害。此时应降低栅极驱动电压的上升速率，即增加栅极串联电阻的阻值，抑制该电流的峰值。其代价是较大的开通损耗。利用此技术，开通过程的电流峰值可以控制在任意值。

由以上分析可知，栅极串联电阻和驱动电路内阻抗对IGBT的开通过程影响较大，而对关断过程影响小一些，串联电阻小有利于加快关断速率，减小关断损耗，但过小会造成 di/dt 过大，产生较大的集电极电压尖峰。因此对串联电阻要根据具体设计要求进行全面综合的考虑。

栅极电阻对驱动脉冲的波形也有影响。电阻值过小时会造成脉冲振荡，过大时脉冲波形的前后沿会发生延迟和变缓。IGBT的栅极输入电容 C_{ge} 随着其额定电流容量的增加而增大。为了保持相同的驱动脉冲前后沿速率，对于电流容量大的IGBT器件，应提供较大的前后沿充电电流。为此，栅极串联电阻的电阻值应随着IGBT电流容量的增加而减小。

综上所述，查参考文献（2）表1-11选用EXB841R_g为12 Ω 。

结论

电流源并联谐振逆变器具有负载适应性强, 抗负载短路能力强等优点, 该设备的波形较好, 有利于提高装置的效率和可靠性。本文主要讨论了用于超音频感应电源的 IGBT 并联逆变器产生过压、过流的原因及采取的过载保护措施。重点在于 IGBT 的选择, 难点在于逆变的控制和 IGBT 的驱动。在实践中已验证该保护措施的可信性, 提高了 IGBT。超音频电源并联逆变器这一感应加热装置的技术性能。栅极电阻对驱动脉冲的波形也有影响。电阻值过小时会脉冲振荡, 过大时脉冲波形的前后沿会发生延迟和变缓。对于电流容量大的 IGBT 器件, 应提供较大的前后沿充电电流。为此, 栅极串联电阻的电阻值应随着 IGBT 电流容量的增加而减小。

心得体会

这次课程设计，让我真正体验到了课本上的理论知识与实践操作之间的千差万别，平时上课学习的时候只觉得书本上的东西运用得很熟悉，可真正让自己设计一个实际的模型时却觉得不是那么熟悉，也不是那么容易。

在此次课程设计中，我觉得查阅各类书籍是很重要的，通过查阅图书馆的书籍，可以开拓我们的视野，使我们的思维不仅仅只局限在一个很小的圈子里，而是有着不同的解决方法。另外，我认为光靠自己一个人的力量是远远不够的，当我遇到问题自己实在不会解决的时候，去找同学共同探讨，寻找解决的办法。正所谓“三人行，必有我师”。

总之，这次课程设计让不仅增加了我的知识积累，为即将来临的大四毕业设计做了很好的准备，打下了相应的基础。然而让我感受最深的还是坚持就是胜利，做什么事情一定要有恒心，有信心，然后要动脑子去思考，一定能取得胜利的！在此还要感谢老师对我们不厌其烦的指导，我才能顺利地完成此次课程设计。

参考文献

- (1)黄 俊:电力电子技术机械工业出版社, 2000
- (2)郝万新:电力电子技术机械工业出版社, 2002
- (3)林渭勋:浅谈半导体高频电力电子技术, 电力电子技术选编, 浙江大学出版社, 1992
- (4)季幼章:迎接知识经济时代, 发展电源技术应用, 电源技术应用, 1998
- (5)叶治正:叶靖国:开关稳压电源。高等教育出版社, 1998