



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108683327 B

(45)授权公告日 2020.02.14

(21)申请号 201810600993.4

(22)申请日 2018.06.12

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108683327 A

(43)申请公布日 2018.10.19

(73)专利权人 西北工业大学
地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72)发明人 高田 羊彦 程泽 庄培红

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心
61204

代理人 金凤

(51) Int. Cl.

H02M 1/08(2006.01)

H03K 17/16(2006.01)

H03K 17/687(2006.01)

(56)对比文件

CN 103944549 A, 2014.07.23, 说明书第0002-0032段以及图1-10.

CN 103532356 A, 2014.01.22, 说明书第0030-0036段以及图3.

CN 106342399 B, 2014.10.22, 全文.

JP H0774315 A, 1995.03.17, 全文.

审查员 李文婷

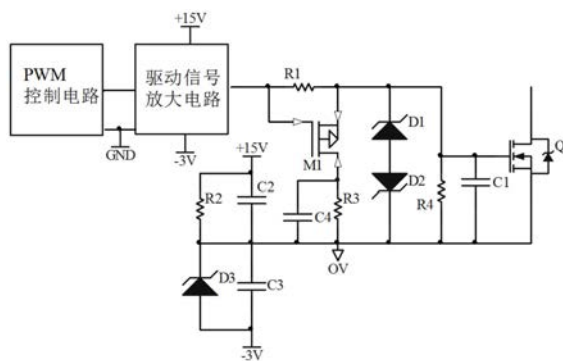
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种碳化硅MOSFET驱动电路

(57)摘要

本发明提供了一种碳化硅MOSFET驱动电路,涉及功率变换电路领域,PWM控制电路产生PWM脉冲信号,PWM脉冲信号经过驱动信号放大电路后,经过电阻控制碳化硅MOSFET开关,供电电源输出包括+15V,0V和-3V直流电压,+15V和-3V直流电压分别给驱动信号放大电路供电,0V和碳化硅MOSFET的源极连接。本发明利用驱动负电压关断可以减少电力电子变换器中桥臂电路上下管的串扰,避免桥臂直通,提高了碳化硅MOSFET的可靠性;二极管可把栅极电压箝位到安全范围,避免碳化硅MOSFET栅极击穿损坏;电路中利用MOS管M1构成放电回路,加快了碳化硅MOSFET关断速度,提高了碳化硅MOSFET的开关速度,减少了开关损耗。



1. 一种碳化硅MOSFET驱动电路,其特征在于:

所述的碳化硅MOSFET驱动电路中,PWM控制电路产生PWM脉冲信号,PWM脉冲信号经过驱动信号放大电路后,经过电阻R1控制碳化硅MOSFET Q1,供电电源输出包括+15V,0V和-3V直流电压,+15V和-3V直流电压分别给驱动信号放大电路供电,0V和碳化硅MOSFET Q1的源极连接;

Q1的驱动电路由驱动电阻R1,P沟道MOS管M1,电阻R3,二极管D1、D2、电阻R4和电容C1、C4组成,驱动信号放大电路输出端与驱动电阻R1及P沟道MOS管M1的栅极连接,M1的栅极和源极分别连接到电阻R1的两端,电阻R3和电容C4并联后一端与M1漏极连接,另一端与Q1的栅极连接,P沟道MOS管M1、R3和C4构成辅助放电电路,当PWM控制电路输出低电平时,Q1关断,Q1的栅极电压箝位到负压,驱动电阻R1的电阻值满足Q1的开通速度;电阻R3的电阻值和电容C4的电容值,满足Q1的关断速度;

二极管D1的阳极和二二极管D2的阳极连接,二极管D1阴极和Q1的栅极连接,二极管D2的阴极和Q1的源极连接,当驱动信号放大电路输出高电平信号开通Q1时,如果叠加到Q1的栅源电压尖峰超过二极管D1的稳压值,二极管D1的稳压值为碳化硅的栅源电压的正向最大值,栅源电压箝位到D1的稳压值,避免Q1过压击穿,当驱动信号放大电路输出低电平信号关断Q1时,如果叠加到Q1的栅源负电压尖峰超过二极管D2的稳压值,栅源之间的负电压箝位到二极管D2的稳压值,D2的稳压值为碳化硅的栅源电压的反向最大值,避免Q1的栅源电压反向过压击穿;

R4并联到Q1的栅极和源极,R4泄放Q1的栅源寄生电容的电压,避免Q1误导通,C1并联到Q1的栅极和源极,调节电容C1的电容值,改变Q1漏源电压变化率,当碳化硅MOSFET构成桥臂结构时,减少桥臂电路上下管栅源电压的串扰。

2. 根据权利要求1所述的碳化硅MOSFET驱动电路,其特征在于:

所述的驱动信号放大电路的构成包含但不限于使用PMOS管和NMOS管构成推挽式驱动电路,或使用NPN和PNP三极管构成的推挽式驱动电路;或使用驱动脉冲集成芯片,或使用推挽电路加驱动变压器。

3. 根据权利要求1所述的碳化硅MOSFET驱动电路,其特征在于:

在控制电路和功率电路需要隔离的场合,使用具有隔离功能的驱动信号放大集成芯片构成驱动信号放大电路。

4. 根据权利要求1所述的碳化硅MOSFET驱动电路,其特征在于:

所述PWM控制电路产生PWM脉冲,PWM脉冲由PWM控制芯片产生,或使用DSP、单片机、FPGA可编程芯片产生。

一种碳化硅MOSFET驱动电路

技术领域

[0001] 本发明涉及功率变换电路领域,尤其是一种应用到功率开关管的驱动电路。

背景技术

[0002] 电力电子变换器不断向高频化、小型化和高可靠性的方向发展,高频化是电力电子变换技术的发展趋势。目前在电力电子变换器领域普遍应用硅MOSFET和IGBT,普通的硅MOSFET的经过几十年的应用,其性能以接近应用极限,成为制约变换器性能的主要因素之一。碳化硅MOSFET作为新型功率器件,具有耐压高、工作温度高、体二极管反向恢复时间短、寄生电容小等特点,因此充分利用碳化硅MOSFET的优势能简化变换器拓扑,提高变换器的开关频率,降低滤波电容容量、减小变压器、电感的体积,显著提高电力电子变换器的功率密度。

[0003] 碳化硅MOSFET与硅MOSFET由于材料、结构等方面的不同,导致两者在器件特性上存在一些差异。和硅MOSFET相比较,碳化硅MOSFET的优势在于导通电阻小、开关速度快、阻断电压高,但是碳化硅MOSFET的栅极开启电压较低,在高压、高频开关状态下更容易受到干扰发生误导通,并且栅极开启电压上限低,工作时栅极电压尖峰更容易使器件栅极击穿损坏,这些特点使得碳化硅的应用受到一些限制,在实际应用中不能简单地用碳化硅MOSFET直接替代硅MOSFET,必须设计相应的驱动电路,确保碳化硅MOSFET安全、可靠工作,充分发挥碳化硅MOSFET的性能优势。

发明内容

[0004] 在高频高压应用场合,利用现有的驱动电路驱动碳化硅,由于碳化硅MOSFET寄生参数影响,栅极驱动信号产生电压尖峰,容易引起碳化硅MOSFET栅极击穿或者误导通,造成电力电子变换器损坏。为了克服现有技术的不足,本发明提供一种安全可靠的碳化硅MOSFET驱动电路,避免上述故障的发生,提高电力电子变换器的可靠性。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0006] 所述的碳化硅MOSFET驱动电路中,PWM控制电路产生PWM脉冲信号,PWM脉冲信号经过驱动信号放大电路后,经过电阻R1控制碳化硅MOSFET开关,供电电源输出包括+15V,0V和-3V直流电压,+15V和-3V直流电压分别给驱动信号放大电路供电,0V和碳化硅MOSFET(Q1)的源极连接。

[0007] Q1的驱动电路由驱动电阻R1,P沟道MOS管M1,电阻R3,二极管D1、D2、电阻R4和电容C1、C4组成,驱动信号放大电路输出端与驱动电阻R1及P沟道MOS管M1的栅极连接,M1的栅极和源极连接到电阻R1的两端,电阻R3和电容C4并联后一端与M1漏极连接,另一端与Q1的栅极连接,P沟道MOS管M1、R3和C4构成辅助放电电路,当PWM控制电路输出低电平时,Q1关断,Q1的栅极电压箝位到负压,驱动电阻R1的电阻值满足Q1的开通速度;电阻R3的电阻值和电容C4的电容值,满足Q1的关断速度。

[0008] 二极管D1的阳极和二极管D2的阳极连接,二极管D1阴极和Q1的栅极连接,二极管

D2的阴极和Q1的源极连接,当驱动信号放大电路输出高电平信号开通Q1时,如果叠加到Q1的栅源电压尖峰超过二极管D1的稳压值,二极管D1的稳压值为碳化硅的栅源电压的正向最大值,栅源电压箝位到D1的稳压值,避免Q1过压击穿,当驱动信号放大电路输出低电平信号关断Q1时,如果叠加到Q1的栅源负电压尖峰超过二极管D2的稳压值,栅源之间的负电压箝位到二极管D2的稳压值,D2的稳压值为碳化硅的栅源电压的反向最大值,避免Q1的栅源电压反向过压击穿。

[0009] R4并联到Q1的栅极和源极,R4泄放Q1的栅源寄生电容的电压,避免Q1误导通,C1并联到Q1的栅极和源极,调节电容C1的电容值,改变Q1漏源电压变化率,当碳化硅MOSFET构成桥臂结构时,减少桥臂电路上下管栅源电压的串扰。

[0010] 所述的驱动信号放大电路的构成包含但不限于使用PMOS管和NMOS管构成推挽式驱动电路,或使用NPN和PNP三极管构成的推挽式驱动电路;或使用驱动脉冲集成芯片,或使用推挽电路加驱动变压器。

[0011] 在控制电路和功率电路需要隔离的场合,使用具有隔离功能的驱动信号放大集成芯片构成驱动信号放大电路;

[0012] 所述PWM控制电路产生PWM脉冲,PWM脉冲由PWM控制芯片产生,或使用DSP、单片机、FPGA可编程芯片产生。

[0013] 本发明的有益效果是本发明的驱动电路可驱动碳化硅MOSFET工作,负电压(约-3V)驱动信号作用到碳化硅MOSFET的栅极关断碳化硅MOSFET,利用驱动负电压关断可以减少电力电子变换器中桥臂电路上下管的串扰,避免桥臂直通,提高了碳化硅MOSFET的可靠性;二极管D1和D2可把栅极电压箝位到安全范围,避免Q1栅极击穿损坏;电路中利用MOS管M1构成放电回路,加快了碳化硅MOSFET关断速度,提高了碳化硅MOSFET的开关速度,减少了开关损耗。

附图说明

[0014] 图1是本发明碳化硅MOSFET驱动电路。

[0015] 图2是本发明采用碳化硅MOSFET驱动电路的LLC谐振全桥变换器原理图。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0017] 图1是本发明的碳化硅MOSFET驱动电路。

[0018] PWM控制电路产生PWM脉冲信号,PWM脉冲信号经过驱动信号放大电路后,经过电阻R1控制碳化硅MOSFET开关,供电电源输出包括+15V,0V和-3V直流电压,+15V和-3V直流电压分别给驱动信号放大电路供电,0V和碳化硅MOSFET(Q1)的源极连接。

[0019] Q1的驱动电路由驱动电阻R1,P沟道MOS管M1,电阻R3,二极管D1、D2、电阻R4和电容C1、C4组成,驱动信号放大电路输出端与驱动电阻R1及P沟道MOS管M1的栅极连接,M1的栅极和源极连接到电阻R1的两端,电阻R3和电容C4并联后一端与M1漏极连接,另一端与Q1的栅极连接,P沟道MOS管M1、R3和C4构成辅助放电电路,当PWM控制电路输出低电平时,Q1关断,Q1的栅极电压箝位到负压,调整驱动电阻R1阻值,直到满足Q1的开通速度;调节电阻R3的阻值和电容C4的电容值,直到满足Q1的关断速度,在电路调试过程中,可根据电路的实际状况

通过调节Q1的开通和关断速度,既满足碳化硅MOSFET的高速开关性能,又能减少驱动信号的栅极电压尖峰。

[0020] 二极管D1的阳极和二极管D2的阳极连接,二极管D1阴极和Q1的栅极连接,二极管D2的阴极和Q1的源极连接,当驱动信号放大电路输出高电平信号开通Q1时,如果叠加到Q1的栅源电压尖峰超过二极管D1的稳压值,二极管D1的稳压值为碳化硅的栅源电压的正向最大值,栅源电压箝位到D1的稳压值,避免Q1过压击穿,当驱动信号放大电路输出低电平信号关断Q1时,如果叠加到Q1的栅源负电压尖峰超过二极管D2的稳压值,栅源之间的负电压箝位到二极管D2的稳压值,D2的稳压值为碳化硅的栅源电压的反向最大值,避免Q1的栅源电压反向过压击穿。

[0021] R4并联到Q1的栅极和源极,R4泄放Q1的栅源寄生电容的电压,避免Q1误导通,C1并联到Q1的栅极和源极,根据电路的工作状态调节电容C1的电容值,可改变Q1漏源电压变化率,当碳化硅MOSFET构成桥臂结构时,能够减少桥臂电路上下管栅源电压的串扰。

[0022] 所述的驱动信号放大电路的构成包含但不限于使用PMOS管和NMOS管构成推挽式驱动电路,或使用NPN和PNP三极管构成的推挽式驱动电路;或使用驱动脉冲集成芯片,或使用推挽电路加驱动变压器。

[0023] 在控制电路和功率电路需要隔离的场合,使用具有隔离功能的驱动信号放大集成芯片构成驱动信号放大电路;

[0024] 所述PWM控制电路产生PWM脉冲,PWM脉冲由PWM控制芯片产生,或使用DSP、单片机、FPGA可编程芯片产生。

[0025] 图2是采用碳化硅MOSFET驱动电路的LLC谐振全桥变换器原理图,图2中Q1、Q2、Q3和Q4是碳化硅MOSFET,这四个碳化硅MOSFET都是由本发明的碳化硅MOSFET驱动电路驱动。DRV_A、DRV_B、DRV_C、DRV_D是全桥电路的4路驱动信号,DRV_A、DRV_B是一对具有死区的互补信号,驱动一路桥臂;DRV_C、DRV_D也是一对具有死区的互补信号,驱动另一路桥臂。

[0026] 4路驱动信号经过4路驱动放大电路产生的,经过4路碳化硅MOSFET驱动电路驱动Q1、Q2、Q3和Q4工作于开关状态。Q3、Q4的供电是同一供电电源,Q1的驱动电路供电、Q2的驱动电路供电和Q3、Q4的驱动电路的供电电源隔离。4路碳化硅MOSFET驱动电路结构和工作原理相同,下面对Q1的驱动电路进行说明。

[0027] Q1的驱动电路驱由驱动电阻R1、MOS管M1、电阻R4、电容C3、二极管D1、D3、电阻R7和电容C4组成,驱动信号DRV_A通过R1和碳化硅MOSFET(Q1)的栅极连接,R4和C3并联后和M1漏极连接,另一端连接到Q1源极,M1的栅极和源极连接到电阻R1的两端,构成辅助放电电路,在Q1关断时将栅极电压箝位到负压。调整R1阻值可调节Q1开通速度。调节R4的阻值和C3容值可以调节Q1的关断速度。

[0028] 二极管D1的阳极和二极管D3的阳极连接,D1阴极和Q1的栅极连接,D3的阴极和Q1的源极连接,当驱动信号DRV_A输出高电平信号开通Q1时,如果叠加到Q1的栅源电压尖峰超过二极管D1的稳压值,栅源电压箝位到D1的稳压值,避免Q1过压击穿。当驱动信号放大电路输出低电平信号关断Q1时,如果叠加到Q1的栅源负电压尖峰超过二极管D3的稳压值,栅源之间的负电压箝位到D3的稳压值,避免Q1的栅源电压反向过压击穿。

[0029] R7和C4并联后连接到到Q1的栅极和源极。R7会泄放Q1的栅源寄生电容的电压,避免Q1误导通。调节C4容值,可以改变Q1漏源电压变化率,当碳化硅MOSFET构成桥臂结构时,

可以减少桥臂电路上下管栅源电压的串扰。

[0030] Q1、Q2、Q3和Q4的驱动电路可产生正负电压驱动信号驱动4个碳化硅MOSFET (Q1、Q2、Q3、Q4) 工作,利用负电压(约-3V)驱动信号关断碳化硅MOSFET可以减少电力电子变换器中桥臂电路上下管的串扰,避免桥臂直通,提高了碳化硅MOSFET的可靠性。二极管可把碳化硅MOSFET栅极电压箝位到安全范围,避免栅极击穿损坏。MOS管构成放电回路,加快了碳化硅MOSFET关断速度,减少了开关损耗,提高了碳化硅MOSFET的开关速度,最终可以提高LLC谐振全桥变换器的工作效率,缩小变换器的体积,提高变换器的功率密度。

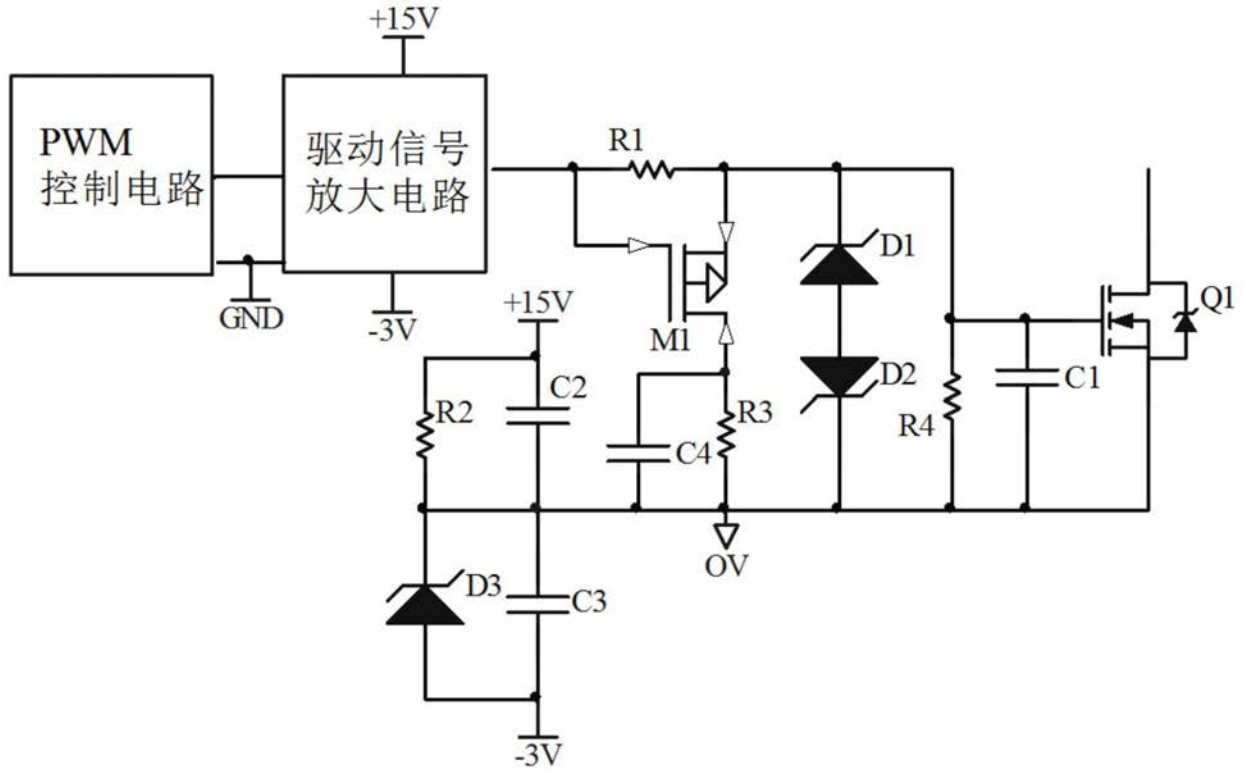


图1

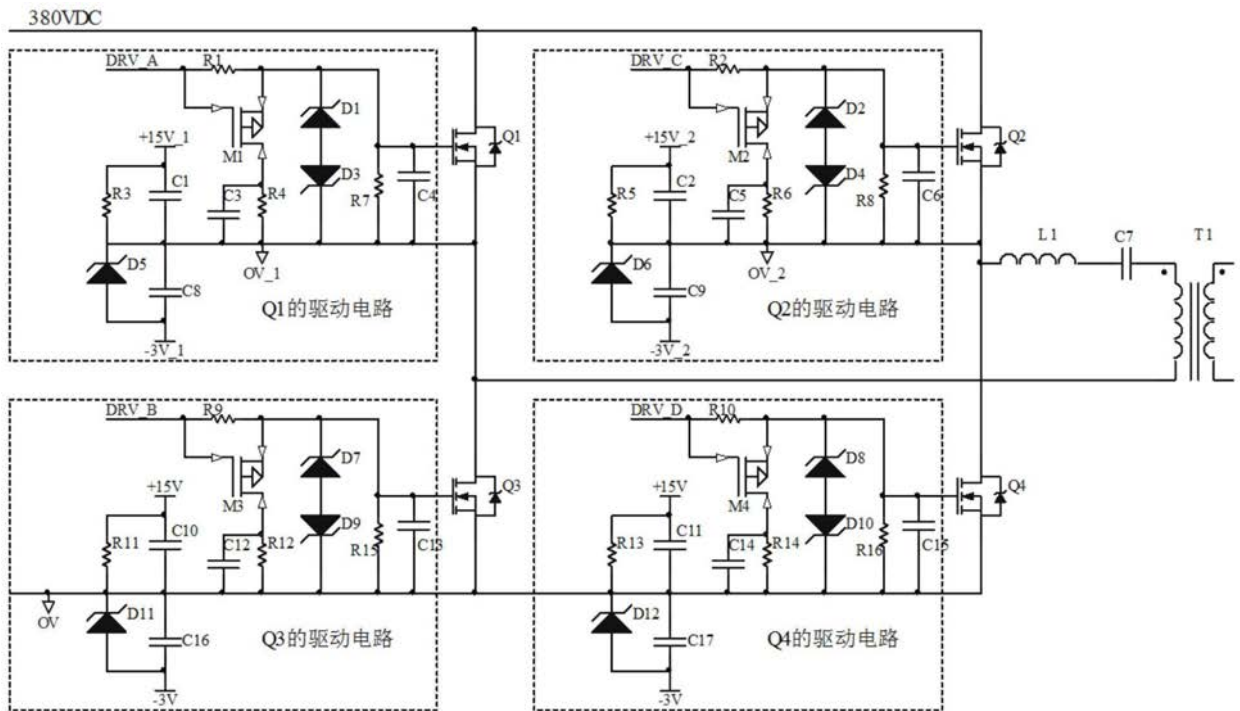


图2