

电路设计

IGD 515 EI 在高压大功率 IGBT 驱动电路设计中的运用

车向中, 王文举

(中国北车集团电力牵引研发中心, 辽宁 大连 116022)

摘要: 在兆瓦级机车牵引变流器的研制中, 为解决高压大功率 IGBT 并联使用的驱动问题, 选用了新型实用的驱动模块 IGD515EI。介绍了这种模块的主要性能、内部结构和以 IGD515EI 为核心设计的驱动电路, 并给出了实用效果。

关键词: 高压; 大功率; IGBT; IGD515EI; 驱动电路

中图分类号: U262.33⁺3

文献标识码: B

文章编号: 1003-1820(2004)10-0029-04

1 引言

目前, 机车牵引变流器通常使用高压大功率 IGBT 作为开关器件。如何设计可靠的 IGBT 驱动电路, 是关键技术之一, 关系到变流器的可靠性、功耗和保护等几大指标。本文介绍了在一种 1200kW 牵引变流器研制中高压大功率 IGBT 并联使用时驱动电路的设计和实用效果。

2 牵引变流器结构

1200kW 牵引变流器的研制方向主要针对内燃机车的轴控方案, 在对主要接口和控制参数稍加改动后也适用于 DC1500V 供电的地铁和城轨车。其主电路结构如图 1 所示。

这里共使用了 15 个高压大功率 IGBT 模块 (FZ1200R33KF2)。其中: T1 ~ T6 为逆变器的 6 组开关器件, 每一组都是由两个模块并联构成; T7 为斩波器的主开关器件, 也是由两个模块并联构成; T8 为过压释放电阻的续流二极管。

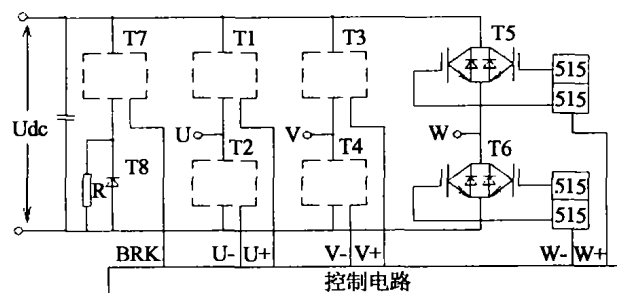


图 1 变流器主电路结构图

3 驱动器件的选择

图 1 中 T1 ~ T7 的驱动电平平均约为 $\pm 14V$, 即在 IGBT 稳态导通时, 其门极和发射极之间电压 $(U_{GE})_{on} = +14V$; IGBT 稳态关断时, 其门极和发射极之间电压 $(U_{GE})_{off} = -14V$ 。IGBT 门极驱动电阻 R_G 的选择与 IGBT 的开关频率、开关速度、动态功耗等密切相关。我们设定本变流器的开关频率最大为 1500Hz, 参照 FZ1200R33KF2 模块的使用手册和 CONCEPT 公司针对这种模块的运用示例, 这里选择 $R_G = 1.8\Omega$ 。

选择合适的驱动器件, 必须满足三个要求:

- ① 驱动器件必须能够提供足够的驱动功率;
- ② 驱动器件的瞬时最大输出电流必须大于等

收稿日期: 2004-05-20

作者简介: 车向中 (1968—), 男, 山西阳城人, 工程师;
王文举 (1962—), 男, 辽宁丹东人, 高级工程师。

于最大门极电流。

③ 隔离耐压必须满足主电路的要求。

众所周知, IGBT 门极和发射极之间存在极电容 C_{GE} , 当处于关断稳态时, C_{GE} 两端电压之稳态值为 $(U_{GE})_{off} = -14V$ 。在此条件下, 当控制电路需要将某个处于关断稳态的 IGBT 变为导通时, 驱动电路的相应输出电压为 $+14V$, 即 R_G 两端的瞬时电压最大可达 $(U_{RG})_{max} = 28V$ 。因此驱动电路需要提供的最大瞬时电流为:

$$(i_{RG})_{max} = (u_{RG})_{max} / R_G = 28V / 1.8\Omega \approx 15.5A。$$

查 FZ1200R33KF2 手册: 该 IGBT 的门极充电电荷量为 $Q = 22\mu C$ 。则在一次门极驱动电压翻转时必须对输入门极电容注入的能量为:

$$W = (1/2) \times Q \times (u_{RG})_{max}$$

由于每个驱动脉冲对应门极驱动电压翻转两次, 在 IGBT 的开关频率为 $f = 1500Hz$ 时, 可以计算驱动功率如下:

$$\begin{aligned} P &= f \times Q \times (u_{RG})_{max} \\ &= 1500 \times 22 \times 10^6 \times 28 \approx 0.93(W) \end{aligned}$$

由于本变流器的中间直流电压额定值为 $1650V$, 考虑电压波动和关断过电压的影响, 要求驱动器件的隔离耐压必须在 $3000V$ 以上。

IGBT 的常用驱动器件都很难同时满足这三个要求。因此选择 IGD515EI 模块作为本变流器的驱动器件。

4 IGD515EI 的内部结构

IGD515EI 是 CONCEPT 公司推出的一种集成度很高的适用于高压大功率 IGBT 的驱动模块, 能满足 IGBT 串联、并联使用的驱动要求, 具有智能性、安全性与易用性等特点。内部集成了 1 路驱动电路, 最大瞬时输出电流可以达到 $\pm 15A$, 驱动功率为 $6W$ 。

IGD515EI 内部电路主要可分为 4 个功能模块, 如图 2 所示。第一个功能模块是 DC/DC 隔离电源, 它的主要功能是给驱动输出提供电源, 采用隔离变压器耦合, 输入输出间交流耐压可达 $7500V$ 。第二个功能模块是逻辑驱动转换接口 (Interface Logic), 它通过光耦器件接收控制电路发来的 PWM 信号, 并可对信号进行反相、串并联模式等处理。第三个功能模块是保护逻辑 (Protection Logic), 可以对模块电源、IGBT 的管压降进行监控, 还可以设定保护时

脉冲封锁的时间。第四个功能模块是驱动单元, 将接收的 PWM 信号经过放大处理后输出 $\pm 15V / \pm 15A$ (瞬时电流) 驱动信号。

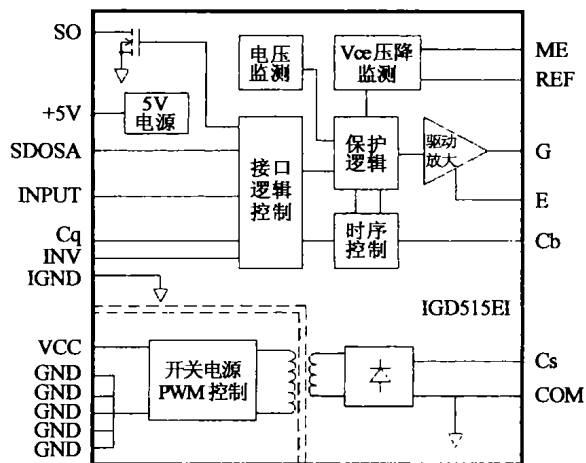


图 2 驱动模块内部结构图

5 IGD515EI 的特点

IGD515EI 共有 24 个有效引脚, 其中除了“电源侧”的 10 个引脚外, 其他比较重要的引脚及其功能如下: INPUT (PWM 控制信号输入), SDOSA (串并联工作模式定义), INV (输入信号反相定义), SO (状态输出信号); REF (过流或短路保护参考值设定), Cb (保护时封锁脉冲时间设定)。

5.1 可选择的工作模式

通过对 SDOSA 引脚电平的定义, 可以选择工作模式, 并直接影响保护电路的工作逻辑。当 SDOSA 不连接外电路时为通用模式, 适合于单驱动器件独立工作。当故障发生时, 无论输入 PWM 信号是否还在作用, 驱动模块都迅速关断输出驱动, 同时 SO 迅速向控制电路报告故障信息。当 SDOSA 连接到 $+5V$ 时为串并联模式, 适合于多驱动器件串并联工作, 当故障发生时, 无论输入 PWM 信号是否还在作用, 只是 SO 迅速向控制电路报告故障信息, 驱动模块并不关断输出驱动, 而是由控制电路迅速关断所有串并联工作的驱动器件的输入信号, 这样可以保证串并联工作 IGBT 的安全, 不至于造成故障扩大。

5.2 可选的信号输入通道有效电平

为了具有较高的信噪比, 信号输入通道使用施密特触发器。当 INV 管脚接 IGND 时, 信号输入端的 $+5V$ 电平代表“IGBT 关断”, 而 $0V$ 代表“IGBT 开通”; 当 INV 管脚接 $+5V$ 时, 输出状态正好相反, 信

号输入端的+5V电平代表“IGBT开通”,而0V代表“IGBT关断”。

5.3 智能型电源监控

如果给驱动器件供电的电源电压过低,会影响驱动电路的可靠性,甚至可能使被驱动的IGBT处于放大状态,造成器件温升过高而损坏。IGD515EI内部集成有低电压监控电路,当电源电压过低时,监控电路就迅速关断SO状态输出信号,通过控制电路进行迅速的保护控制。

5.4 短路与过流保护

IGD515EI的输出端配有 U_{CE} 监测电路,当被驱动的IGBT发生短路或者过流现象时,IGBT的管压降会相应升高到REF引脚所外接的稳压管设定的参考电压,监测电路会立刻翻转产生故障信号并将它锁存,状态输出端SO引脚同时输出代表出现故障的低电平信号,送给控制电路进行迅速的保护控制。如果此时设定SODSA为通用模式,智能驱动单元会把输出驱动信号封锁一小段时间(时间长短由Cb引脚外接的电容决定),过了这段时间就又重新放开输出驱动信号。

5.5 智能型的状态输出

状态输出端SO引脚不仅可以在故障时输出低电平信号,而且可以在正常工作时输出相应于每个PWM输入信号的“确认”窄脉冲。正常工作时,无论是在PWM输入信号的上升沿或者下降沿,SO脚都会对应输出一个宽度由Cq引脚上外接的电容确定的窄脉冲,可以使控制电路监控驱动器件和输入光耦器件、反馈光耦器件和驱动电路等是否在正常工作,可以在控制电路中使用FPGA实现这种特殊的逻辑监控功能。

5.6 使用注意事项

IGD515EI自身输出级没有短路和过电流保护功能,因此在调试或测量时一定注意不要造成输出侧短路,否则会使模块损坏。为此也可以在模块的电源输入侧加入一个2A左右的保险管起到一定的保护功能。

应用中驱动模块尽可能地布置靠近IGBT附近,使输出端G、E的引线尽可能短,根据门极驱动电流和开关速度要求的不同,引线长度不要超过3cm到10cm。

6 IGD515EI应用实例

如图1主电路所示,每一组开关器件都是由两

个FZ1200R33KF2模块并联构成,每个FZ1200R33KF2模块需要一个单独的IGD515EI驱动器件,这样,每两个IGD515EI并联工作,组成的驱动电路原理图如图3所示。两个并联工作的IGD515EI各自驱动一个并联工作的IGBT,但它们共用相同的输入PWM信号和FO故障反馈信号。设定IGD515EI工作在并联模式,只要有其中一个IGD515EI检测到故障,则FO就变为低电平,反馈到控制电路迅速关断PWM输入信号,同时发出故障状态报警。

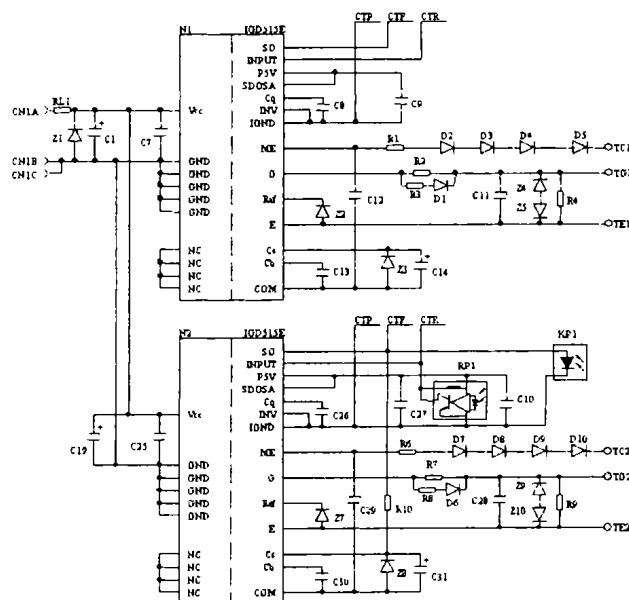


图3 并联IGD515EI驱动电路原理图

6.1 工作模式的设定

在图3中,SDOSA引脚接+5V,IGD515EI工作在并联模式。当其中任何一个驱动器件检测到发生故障时,FO都迅速向控制电路报告故障信息,由控制电路迅速关断全部通道的输入PWM信号,保证并联工作IGBT的安全,不至于造成故障扩大。

6.2 外围元件参数的计算

通过REF引脚上的稳压二极管的参数选择,可以确定IGBT的电流保护阈值(对应 U_{CE} 电压保护阈值)。过流保护电路的工作原理如图4所示。

图4中,ME引脚就是用于监测在IGBT饱和和导通时的管压降。为了防止主电路的高压对驱动电路造成破坏,使用了几个高反压的二极管1N4007。 R_{me} 为衰减电阻,推荐值为68Ω。当IGBT饱和和导通时,加在比较器(-)端的电压为 R_{me} 上的压降+几个1N4007的管压降+IGBT的管压降。当这个值

