

doi:10.1631/FITEE.1500111

题目: 驱动脉冲边沿调制技术及其 CPLD 实现

目的: 针对随功率半导体器件开关速度和功率等级的不断提高而产生的严峻的开关电压尖峰问题,以 IGBT 为对象,提出一种驱动脉冲边沿调制技术,实现对门极驱动电压边沿斜率的调节,抑制 IGBT 的电压尖峰。

创新点: 利用面积等效原理,将门极驱动脉冲信号的边沿映射成一簇脉冲序列,门极驱动电压的上升或下降段即为这些脉冲信号响应的叠加。通过调节脉冲序列的密度和脉冲宽度,调节门极驱动电压边沿斜率,从而调节开关速度限制开关电压尖峰。

方法: 将传统的门极驱动信号的边沿映射成一簇脉冲序列,将 PWM 信号转换为 MPWM 信号,则脉冲边沿的调制也即为调制该脉冲序列的密度和脉冲宽度,有双向脉冲序列调制 BPTM 和单向脉冲序列调制 UPTM 两种方法。对于 BPTM 调制,MPWM 信号为正表示正的驱动电压 $v_{ge,on}$ 被接入,MPWM 信号为负则表示负的驱动电压 $v_{ge,off}$ 被接入。在 IGBT 开通时期,若驱动电路的响应能力有限,这种调制方法下门极驱动电压的边沿呈现明显锯齿状,使得门极电压在 IGBT 导通阈值电压 $v_{ge,th}$ 附近波动,引起 IGBT 的伪导通,故而可改进为 UPTM 方法。对于 UPTM 调制,当调制上升沿时,高电平信号表示接入正的驱动电压 $v_{ge,on}$,低电平信号表示不接入驱动电压从而保持门极电压为当前值;当调制下降沿时,高电平信号表示接入负的驱动电压 $v_{ge,off}$,低电平信号表示不接入驱动电压从而保持门极电压为当前值。文中图 9 是采用 CPLD 的具体驱动电路,在 BPTM 模式下,MOSFET1 管和 MOSFET2 管交替开通和关断,以调制驱动脉冲边沿;在 UPTM 模式下,只有一个 MOSFET 管开通和关断来调制驱动脉冲边沿,而另一个 MOSFET 管被封锁。

结论: 采用驱动脉冲边沿调制技术(双向脉冲序列调制 BPTM 和单向脉冲序列调制 UPTM),可以明显抑制开关尖峰。由于基于数字技术,且只需要一个数字芯片,不需要改变硬件电路结构,可通过软件来实现对驱动脉冲边沿的调控,使其适用于不同工况,具有较强的通用性和灵活性。其中,采用单向脉冲序列调制(UPTM)可以解决 IGBT 伪导通问题,该调制技术对驱动电路响应速度要求不高的特点使其更便于应用。

关键词: 驱动脉冲边沿调制;开关电压尖峰;复杂可编程逻辑器件(CPLD);有源门极驱动