

2.2 IR2110自举电路原理

IR2110的自举电路是一种简单的高端浮动供电模式，能够满足一般PWM控制的需要。结合图1中U2的外围电路，对IR2110的自举电路的工作原理进行简单介绍。当Q1截止，Q2导通时，将M点（U2引脚VS）的电位拉低到地，+15V通过自举二极管CR2给自举电容C1充电，通过电容C1在VB与VS之间形成一个悬浮电源，作为IR2110的高端逻辑电源，维持IR2110高端输出引脚HO输出正常电平，为上桥臂主开关器件Q1提供栅极驱动电压。正是由于自举电容的存在，使得IR2110控制同一桥臂上、下主开关器件的驱动电路只需要一个外接电源。

当Q1导通时，电容C1放电以维持IR2110高端导通，当C1电荷没有充满，或者电容充满但高端持续工作时间较长，导致电容放电过度，IR2110高端悬浮电源VB的内部欠压检测保护逻辑就会动作，将HO拉为低电平，使驱动电路无法正常工作^[1]。

由此可知本驱动电路正常工作主要取决于自举电容C1及自举二极管CR2的参数选择。

2.3 自举电路参数计算

2.3.1 自举电容估算

自举电容必须能提供不低于MOSFET导通所需的电荷，并且在高端主开关器件开通期间保持其电压。工程估算公式如下^[2]：

$$C_{bs} \geq \frac{2Q_g}{V_{cc} - V_{min} - V_{ls} - V_f} \dots\dots\dots(1)$$

其中：Q_g为MOSFET栅极电荷；V_{cc}为充电电源电压；V_{ls}为下半桥MOSFET导通栅源阈值电压，一般为2~4V；V_{min}为IR2110引脚VB与VS之间的最小电压；V_f为自举快恢复二极管的正向导通压降，一般为1.5V。

当采用IXFK180N07作为主回路开关管，V_{cc}为15V时。通过查询相关器件的数据手册可知，Q_g最大为420nC，V_{ls}最小为2V，V_{min}为7V，将这些数据代入公式（1）中可得：

$$C_{bs} \geq \frac{2 \times 420 \times 10^{-9}}{15 - 7 - 2 - 1.5} \approx 0.187 \mu F$$

因在工程应用上，需要保留一定的余量，故我们选择自举电容C_{bs}的电容值为1μF。

2.3.2 自举电阻估算

自举电阻R_{bs}应满足：

$$C_{bs} * R_{bs} > t \dots\dots\dots(2)$$

其中：t为IR2110的通断总延时，根据IR2110数据手册可知t最大为150ns。将数据代入公式（2）中可得：

$$R_{bs} > \frac{t}{C_{bs}} = \frac{150 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-6}} = 0.15 \Omega$$

因在工程应用上，需要保留一定的余量，同时根据电路限流设计要求及电路板布线要求，故我们选择自举电阻R_{bs} = 10Ω。

2.3.3 自举二极管

自举二极管用于防止上桥MOS管导通时母线高压窜入IR2110电源引脚VDD端损坏芯片。所以二极管的反向耐压必须大于母线高压峰值，电流必须大于栅极电荷与开关频率之积，即

$$I > f \times Q_g \dots\dots\dots(3)$$

通常选用漏电流小的快恢复二极管，反向恢复时间应小于IR2110导通传播延时典型值120ns。因本电路的PWM频率为10kHz，开关管IXFK180N07栅极电荷Q_g最大为420nC，将数据代入公式（3）可得自举二极管的正向电流为：

$$I > 10 \times 10^3 \times 420 \times 10^{-9} = 4.2 mA$$

因在工程应用上，为了满足运用要求且保护电路，一般选择正向电流比估算值大几倍的二极管，同时反向截止时间小于120ns的快恢复二极管，故选择快恢复二极管BYD77C。

3 电路测试

按上述参数搭建实物模型，将该模型与三相无刷直流电机连接，并用FPGA给电路提供电机控制所需的PWM信号。在控制电机运转时，电机开始转动一下后就立即停止。重新对每相驱动电路进行测试，发现电路仍然完好。分析该驱动电路不能正常的驱动电路运转主要是因为单相驱动电路测试的输入信号与实际控制电机运转的PWM信号不同。本驱动电路的电机控制PWM信号在电机未动作时，每相驱动电路的低端都是频率为10kHz，幅值+5V，占空比为50%的方波信号，高端始终为低电平。当电机开始运转时，高端先变为高电平，然后再以对应电机的转速输出对应占空比的方波，低端先变为低电平，然后再以对应电机的转速输出斩波后的方波信号。

针对上述控制信号的差异，我们对单相驱动电路的高端输入信号占空比由50%增加到100%时，可以发现电路先正常工作1~2s后就无法正常工作。这是因为自举电压VB未能周期性充电已经降至欠压阈值以下，IR2110欠压保护逻辑动作立即将HO拉到低电平。所以IR2110的高端自举功能不能应用于长时间驱动上半桥MOSFET导通（即PWM占空比为100%）或超低频（几Hz）的场合，除非增加独立电荷泵电路给自举电容周期性充电或用浮

动电源取代自举电路。鉴于上述的分析,并从经济考虑,将电路做如图2所示的改进,建立一个简易的浮动电源^[2]。由开关管的主电路电源+28V通过二极管CR2和电阻R3为电容C1充电,并在将一个15V稳压二极管CR1与电容C1并联,这样在VB与VS之间形成稳定的15V电压

差。同时因为主开关电路的额定工作电流为125A,电路选择的开关管IXFK180N07的峰值电流为180A,为了更好的工作本电路采用三个开关管并联,这样既减小主回路的损耗又避免了电机启动和停止时的大电流冲击。具体如图2所示。

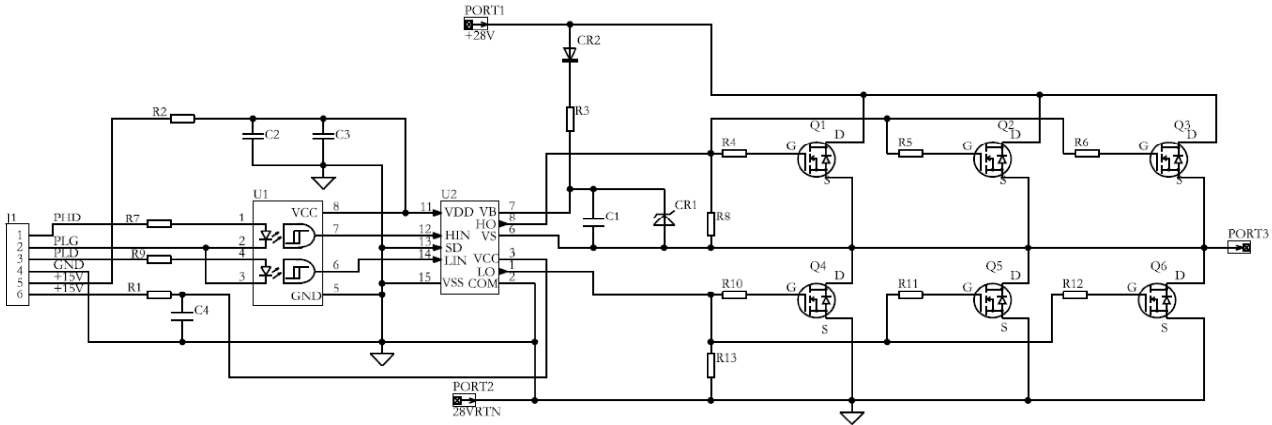


图2 改进后的驱动电路

将上述改进后的电路装配到整个无刷直流电机系统中,电机能够正常的启动,并未出现改进前电路无法启动的情况,并能连接稳定的工作。

参考文献

[1]严延,李峰飞,吴国军.基于电荷泵的IR2110全桥

驱动电路研究.机械与电子,2009(11):49-52.

[2]International Rectifier Company IR2110 Data .pdf