

智能交流电降频系统

张卫强 (宁波大学 315211)

摘 要 利用晶闸管的触发导通特性, 用单片机对触发信号进行智能数字降频, 可在交流电中切分出部分完整的正弦波形供负载使用, 可以单独做成一台控制仪器或者作为一个控制电路板用于需要电功率和转速调节的空调、机床以及各类仪器设备中。

关键词 晶闸管 中断 触发信号

1 引言

用晶闸管对交流电的功率调节通常只利用了交流电波形后面很小的一部分, 其脉冲性降低了电路的功率因数, 而且由于电感负载中电流变化率没有降低, 对大功率电机的转速调节效果并不理想。利用双向晶闸管和单片机控制, 根据转速和功率传感器的负反馈信号或其他控制要求, 很容易实现 N 可调的 $2/(N+1)$ 智能交流降频。单片机的智能控制特性还可以提高系统的抗干扰和应急处理能力, 从而提高了系统的可靠性。由于分频后的交流电利用了若干整周期电压, 大大减小了电流的脉动性, 具有相对较小的电网线路损耗和极佳的自动控制性能。通常情况下异步电机的转速主要依赖于工作电

流的变化率, 其次还与其输出功率和工作电压的有效值有关。本系统在分频的同时, 在电感负载中同样有降低电流变化率的效果, 因此也可用于大功率电机的转速调节。

2 工作原理

图1为智能交流电降频电原理图。 V_i 与 V_o 分别为控制电路的交流输入和输出端, 受控晶闸管 VT_1 加在输出端 V_o 的地线上。电源经电阻 R_2 限流和稳压管 VS_1 的钳位得到宽度为 20ms、大小为 4V 的方波, 加到 MPU 的中断输入端 INT_1 , 波形如图 2b 所示; INT_1 采用下降跳变触发方式^[1], 由于 MPU 的机器周期只有微秒级, 所以中断触发时刻可近似作为输入电压的零电平时刻; 在第一个 INT_1 中断发生

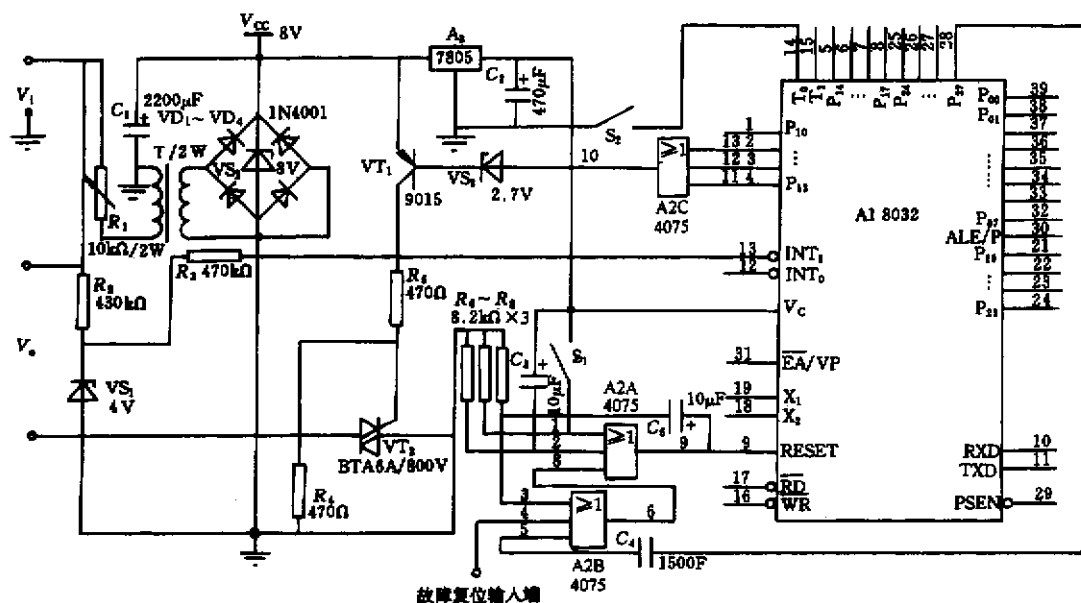


图1 智能交流电降频电原理图

时把三根端口线 $P_{11} \sim P_{13}$ 同时置为低电平, 延时 16ms 后恢复高电平, 在放弃 $N > 0$ 个触发信号后再重复进行, 使 $P_{11} \sim P_{13}$ 输出低电平宽度为 16ms, 频率为交流电频率 $1/(N+1)$ 的方波, 并通过晶体管 VT_1 和限流电阻 R_5 加到 VT_2 的触发控制端。稳压管 VS_3 使 VT_1 的截止更加可靠, R_4 为下拉偏置电阻, 它们可有效防止 VT_2 的误触发。实际 VT_2 每次导通时间为 20ms。

对纯电阻负载来说, 这种简单分频的工作方式非常理想, 但当功率因数小于 1 时, 电流与电压不再相同, VT_2 的导通过程与理想情况便会有许多差别。通过电路工作的暂态过程分析可知: 当负载为电感(或电容)性时, VT_2 中含有正(或负)向的直流成分, 功率因数越小, 直流成分就越大。为了消除导通电流中的直流成分, 必须对分频方式进行改进。由于交流电周期精确地为 50ms, 由 MPU 根据 INT_1 中断的时间, 在 $N \geq 2$ 时, 对奇数 N 延时 $25N$ ms, 偶数 N 延时 $25(N+1)$ ms 后再让 VT_2 导通一个周期。改进后 MPU 对 VT_2 的触发导通成双向对称形式, $P_{11} \sim P_{13}$ 端波形如图 2c 所示, VT_2 导通电压波形如图 2d 所示, 无论功率因数如何, VT_2 的导通不再有直流成分。改进后的触发方式构成 $2/(N+1)$ 切分, 新的电压周期由两个从零电平开始且起始电压极性相反的正弦周期和两段零电平组成。

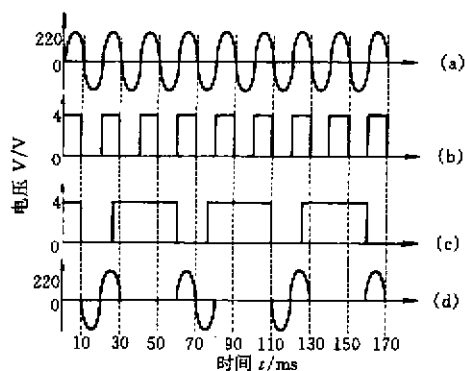


图 2 主要测试点的波形相位图 ($N=4$)

- (a) 输入电压波形 (b) INT_1 端的波形 (虚相位中断点)
(c) $P_{11} \sim P_{13}$ 端的波形 (d) VT_2 导通电压波形

输出电压有效值与 $N+1$ 成反比, 电流周期的波形与负载的电感性有关, 当负载为纯电阻性时, 电流波形和电压波形相同, 具有较大的变化率; 而当负载具有较大电感性时, 由电路的暂态过程分析可知, 电流波形和电压波形完全不同, 实际电流虽然没有很好的正弦周期性, 但变化率却大为减小。

由于电机是电感性负载, 转速降低时电感性更加突出, 而其转速主要受电流变化率大小的影响, 其次受输出功率和工作电压有效值的影响, 所以这个分频系统对大功率电机的转速调整也有较好的效果; 由于在较低转速时具有较低的电压有效值, 降频和降压同时进行, 因此还具有良好的节能效果。

单片机的复位电路经过了专门的优化设计^[2], 除了通电自动复位以外, S_2 为手动复位开关; 由于控制程序很小, 端口线 P_{26} 和 P_{27} 正常情况下空闲始终处于低电平输出状态, 程序失控时可能出现高电平, 此时可用 P_{27} 通过三或门 A2B 触发复位电路使系统恢复正常; 另外每次复位都有约 60ms 的延时, 在复位状态下控制电路无电压输出。分频参数 N 通过两块 8-3 线优先编码器 74148 和一个 16 档旋转开关加到端口线 $P_{14} \sim P_{17}$ 。 S_1 为手动/自动分频选择开关, 自动分频状态下负反馈开关信号输入到 T_1 。单片机每隔 500ms 用定时器中断对 T_0 和 T_1 进行检测, 当 T_0 处于低电平时, 执行自动分频子程序, 反之执行手动分频子程序。每次执行自动分频子程序时, T_1 高电平时分频参数加 1, 而在低电平时分频参数降 1。 P_{10} 用于总开关控制信号的输出, 通过电容滤波, 输出 10ms 以上的低电平脉冲时切断自锁总电源开关, 以防负载重大用电故障的发生。

CMOS 电路对电力线路的脉冲干扰很敏感, 要采取很好的抗干扰措施。变压器 T 的饱和压降约为 110V, 8V 稳压管 VS_2 为稳定工作电压 V_{CC} 而设; 可变电阻 R_1 用来限制 T 和 VS_3 的电流, 可降低 T 的材料要求, 并增加 T 的安全性和 V_{CC} 的稳定性。阻值大小和变压器的空载电流有关, 一般情况下可以采用常用的变压器加整流的方法来提供系统所需的工作电源 V_{CC} 。电路对电阻和电容的精度和功率的要求不高, 而对各稳压管的电压精度要求较高。由于这里双向晶闸管 VT_2 采用 I₊ 和 III₊ 触发方式, 有些双向晶闸管 III₊ 触发方式灵敏度很差, 选择时应加以注意。 VT_2 电流标称值一般选负载额定工作电流大小的 2~5 倍, 耐压大于 800V。本系统用于对 4 只 1400mm 沪江牌吊扇控制时, 采用了最大工作电流为 6A 的 BTA6A。当负载可能出现故障时, 可通过故障复位输入端触发单片机复位, 切断输出电路。

参考文献

- 涂时亮, 张友德等编译. 单片微机 MCS-51 用户手册. 上海: 复旦大学出版社, 1990

- 2 张卫强. 大动态范围晶闸管稳压电源. 电子与自动化, 1998 (6)

The Intellective Frequency Reduction System of Alternating Current

Zhang Weiqiang

(Ningbo University 315211 China)

Abstract With the conduction property of the triggered thyristor

and the intellective numerical controlled frequency reduction of the triggering pulse by MPU, we can divide alternating current into several complete sinusoidal waves to supply some loads. It can be made as a controller or a PCB ware, which is suitable for the air conditioning, machine tool and various instruments that require electric power or rotate speed adjustment.

Keywords thyristor interruption triggering pulse

收稿日期: 1999-06-16