

# 双向可控硅过零调功调速的技术实现方法

樊月珍 毛恩荣

(中国农业大学 工学院, 北京 100083)

**摘要** 为实现对仔猪舍通风换气设备的无级调速控制,对电机调速进行了分析和研究,提出了一种以可控硅过零调功方式实现调速的控制方案。该方案采用过零触发方式,使可控硅输出完整的正弦波电压,不仅无高次谐波产生,而且不影响电网电压,不干扰通讯设备。系统的可控硅过零触发与主回路控制由软硬件协同完成,其中软件承担了主要的控制任务,从而简化了硬件设计,便于检修和维护。所提出的调速方案解决了仔猪舍通风电机的调速问题,为同类系统的开发提供了参考。

**关键词** 调速;可控硅;过零调功

**中图分类号** TP 368.1; TM 343

**文章编号** 1007-4333(2004)06-0056-04

**文献标识码** A

## A speed control method by zero-crossing power adjustment

Fan Yuezhen, Mao Enrong

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** To realize the ventilator speed adjustment of a piglet house a control method by zero-crossing power adjustment of Silicon Controlled Rectifier (SCR) was developed based on the investigations and analyses of a motor speed control process. By means of a zero-crossing burst mode, the SCR exports complete sinusoidal wave voltage, which has no high-order harmonic produced, no influences on the voltage of power network, and no interferences on the communication apparatus. The hardware design of the system is simple and the apparatus are easy for overhauling and maintaining for its zero-crossing bursting and the main loop of the SCR are completed by a cooperative operation of the hardware and the software and the software plays a key role in the control process.

**Key words** speed control; SCR; zero-crossing power adjustment

目前,交流电机调速技术取得了极大发展,在调速传动领域的应用日益广泛。20世纪60年代以前,交流电机调速常用串级调速,调速系统复杂且不容易控制。后来晶闸管研制成功,使交流电机调速技术迅速发展,出现了变频器,采用它可以达到变频调速的目的;但变频器的成本高,且需要比较复杂的控制系统。常用的调速方式还有可控硅移相调压方式,该方法中单片机主要控制可控硅导通角调节输出电压,因此它要求触发电路发生相位可变且具有一定幅值的脉冲,而且还要解决触发脉冲与主回路电压之间的同步问题,同时由于工作波形是正弦波,转速与导通角的关系比较复杂,利用汇编语言计算

编程时将有比较大的难度;另外,移相触发可控硅调压装置,在可控硅导通瞬间会产生高次谐波,造成电网电压波形畸变,将影响其他用电设备和通讯系统的正常工作<sup>[1,2]</sup>。作者在分析以上各种调速方案的基础上,通过工程项目实践提出并实现了可控硅过零调功调速的方案。

### 1 可控硅过零调功调速原理

根据  $P = T \times \omega$ , 其中:  $P$  为电功率, kW;  $T$  为外部阻力矩, N·m;  $\omega$  为角速度,  $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ 。当外部情况不变即  $T$  保持不变时,在规定时间内电功率的变化将导致角速度的改变,因此调电功就可达到调速

收稿日期: 2004-07-07

作者简介: 樊月珍, 博士研究生; 毛恩荣, 教授, 博士生导师, 主要从事智能交通和人机工程方面的研究, E-mail: gxy15@cau.edu.cn

的目的。

可控硅过零控制波形见图 1。可以看出,过零调功通过的工作电压是完整的正弦波形,过零导通且过零截止。过零调功方式就是通过给定的时间内改变加在负载上的交流正弦波个数来调节负载功率的一种控制方法。由于可控硅是在电压(电流)过零时触发导通的,导通时的波形是完整的正弦波或半波,所以不存在可控硅移相调压方式所存在的一切缺点。同时也由于可控硅是在电压过零时导通,

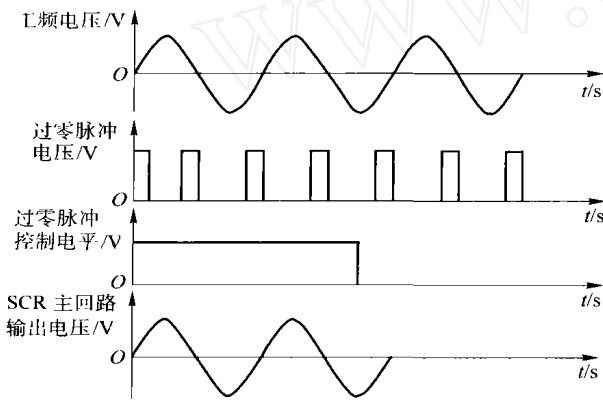


图 1 可控硅过零控制信号波形图

Fig. 1 Signal wave of SCR zero-crossing controlling

其负载浪涌电流和电流变化率都很小,有利于可控硅的安全工作。

## 2 硬件电路设计<sup>[3,4]</sup>

硬件电路的功能是进行工频电压的正、负过零检测,同时由单片机发出控制门控电路的控制电平,以控制可控硅过零触发脉冲的个数。

### 1) 过零检测电路<sup>[5]</sup>。

过零检测电路的最终目标是实现当 50 Hz 的交流电压通过零点时取出其脉冲。笔者采用 2 个光电耦合器实现过零控制,其工作原理(图 2)是:交流电源经  $R_{12}$  加到 2 个反并联的光电二极管上,在交流电源的正、负半周,二极管  $D_1$  和  $D_2$  轮流导通,从而使三极管  $T_1$  和  $T_2$  也轮流导通,在导通期间  $V_0$  端(图 2)输出低电平,只有在交流电源过零的瞬间,2 个二极管均截止,  $V_0$  端输出高电平,因此  $V_0$  端得到周期为 10 ms 的脉冲信号,该信号送至 89C51 的 INT0 引脚,每 s 向 AT89C51 单片机申请 100 次中断,以实现每 s 100 次的中断控制周期。

在所设计的过零检测电路中,每当电源电压通过零点时就产生准确的过零脉冲,且工作稳定,能满足本系统的工作要求。

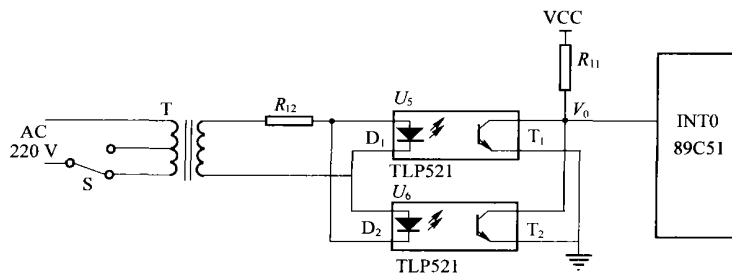


图 2 过零检测电路图

Fig. 2 Electric circuit of zero-crossing detection

### 2) 可控硅触发电路<sup>[6]</sup>。

电路中采用了过零双向可控硅型光耦 MOC3041,集光电隔离、过零检测、过零触发等功能于一身,避免了输入输出通道同时控制双向可控硅触发的缺陷,简化了输出通道隔离-驱动电路的结构。所设计的双向可控硅触发电路原理图见图 3。其工作原理是:单片机响应用户的参数设置,在 I/O 口输出一个高电平,经反向器反向后,送出一个低电平,使光电耦合器导通,同时触发双向可控硅,使工作电路导通工作。

给定时间内,负载得到的功率为:

$$P = \frac{n}{N} UI \quad (1)$$

式中:  $P$  为负载得到的功率, kW;  $n$  为给定时间内可控硅导通的正弦波个数;  $N$  为给定时间内交流正弦波的总个数;  $U$  为可控硅在一个电源周期全导通时所对应的电压有效值, V;  $I$  为可控硅在一个电源周期全导通时所对应的电流有效值, A。由式(1)可知,当  $U, I, N$  为定值时,只要改变  $n$  值的大小即可控制功率的输出,从而达到调节电机转速的目的。

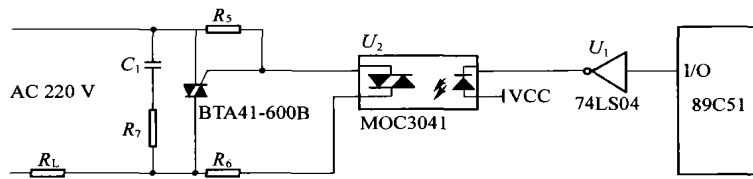


图 3 可控硅触发电路原理图

Fig. 3 Electric circuit of SCR trigger

### 3 软件设计

采用双向可控硅过零触发方式,由单片机控制双向可控硅的通断,通过改变每个控制周期内(设控制周期为 1 s)可控硅导通和关断交流完整全波(或半波)信号的个数来调节负载功率,进而达到调速的目的。由于 INT0 信号反映工频电压过零时刻,因此只要在外中断 0 的中断服务程序中完成控制门的开启与关闭,并利用中断服务次数对控制量  $n$ (在每个控制周期内可控硅导通的正弦波个数)进行计数和判断,即每中断 1 次,对  $n$  进行减 1 计数。如  $n = 0$ ,保持控制电平为“1”,继续打开控制门;如  $n = 0$ ,则使控制电平复位为“0”,关闭控制门,使可控硅过零触发脉冲不再通过。这样就可以按照控制处理得到的控制量的要求,实现可控硅的过零控制,从而达到按控制量控制的效果,实现速度可调<sup>[7]</sup>。

1) 主回路控制执行程序。主回路控制执行程序的任务是初始化数据存储单元;确定 1# 和 2# 风机的工作参数  $n_{min}/n_{max}$ ,并将其换算成“有效过零脉冲”的个数;确定中断优先权、开中断,为了保证正弦波的完整,工频过零同步中断 INT0 确定为高一级的中断源。

2) 中断服务程序。执行中断服务程序时,首先保护现场,INT0 中断标志位置位,禁止主程序修改工作参数,然后开始减 1 计数,判断是否关断可控硅,即决定是否关 1# 或 2# 风机,最后 INT0 中断标志位清零,还原初始化数据,恢复现场,中断返回。外中断 0 的中断服务程序流程图见图 4 ( $n_1$  和  $n_2$  分别为控制 1# 和 2# 风机的可控硅在 1 s 内导通的正弦波个数,1 s 内交流正弦波的总个数  $N = 100$ )。外中断 0 的中断服务程序部分清单如下:

```

ORG 0003H      ;外部中断 0 入口地址
INTD0: PUSH ACC      ;INT0 中断服务程序
PUSH PSW      ;保护现场
PUSH DPH
PUSH DPL
    
```

SETB 24H.0 ;INT0 中断标志置位,避免主程序修改参数

```

MOV A,5FH
JZ TING1 ;n1=0,关 Fan1 及其显示
DEC A ;n1=0,n1-1
MOV 5FH,A
LJMP FAN2
    
```

TING1: 关 Fan1 及其显示

```

FAN2: MOV A,5BH
JZ TING2 ;n2=0,关 Fan2 及其显示
DEC A ;n2=0,n2-1
MOV 5BH,A
LJMP ZONG
    
```

TING2: 关 Fan2 及其显示

```

ZONG: MOV A,59H
JZ KAI ;N=0,开 Fan1 及其显示
DEC A ;N=0,N-1 中断返回
MOV 59H,A
LJMP EXIT
    
```

```

KAI: CLR 24H.0 ;清 INT0 中断标志
JB 26H.0,KAI2 ;26H.0=0,Fan1 启动
    
```

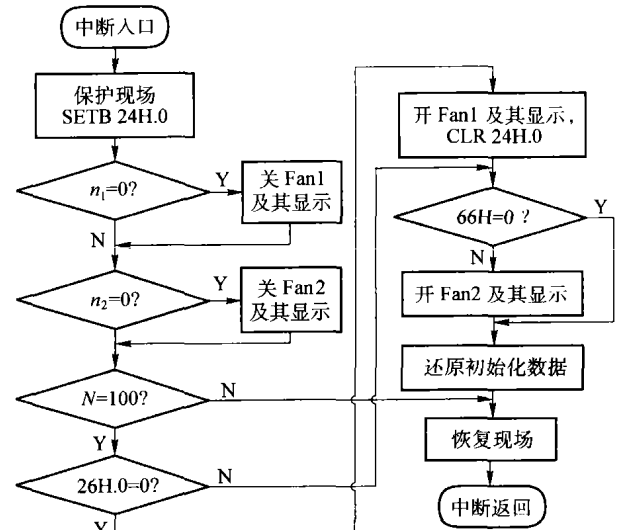


图 4 外中断 0 的中断服务程序流程图

Fig. 4 Flow chart of INT0 interrupting service program

```

关 Fan1 及其显示      ; 26H.0 = 1 ,Fan1 关闭
KAI2: MOV A ,66H
JZ EXIT1      ;判断是否开 Fan2 及其显示
开 Fan2 及其显示
EXIT1: MOV 5FH,5AH      ;恢复原初始化数据
MOV 5BH,66H
MOV 59H, # 100
EXIT: POP DPL      ;恢复现场
POP DPH
POP PSW
POP ACC
RETI      ;中断返回

```

#### 4 试验结果

设计完成后,在实验室进行运行试验,结果表明系统运行正常,且能达到预期目标。在此引用 1# 风机调速的数据说明监控系统风机调速的运行效果。

在系统开始运行后,通过键盘输入控温值,使 1# 风机以最低转速 ( $n_{\min}/n_{\max}$  最小为 12%) 工作,然后不断调整 1# 风机的最低转速与最高转速的比值(最大为 100%),从而使 1# 风机实现调速运行。通过非接触式测速仪测得的运行结果见表 1。

表 1 1# 风机调速试验数据

Table 1 Test data of speed adjustment for fan No. 1

$(n_{\min}/n_{\max})/\%$	12	20	30	50	60	70	80	90	100
$n/(r \cdot \min^{-1})$	100	147	195	268	314	345	383	431	480

#### 5 结束语

采用双向可控硅调功调速方式实现了对仔猪舍通风换气设备(2 台风机)的无级调速控制。实践证明这种方式无高次谐波产生,对电网的污染显著降低;可控硅的过零触发与主回路的控制是由软硬件协同完成的,其中软件承担了主要的控制任务,简化了硬件设计,降低了成本。这种调速方式可在实际工程中推广应用。

#### 参 考 文 献

- [1] 苟加志,包明. 浅谈电机调速技术[J]. 渝州大学学报, 2001,18(3):72~75
- [2] 周炼,谢运祥. 交流调速系统及相应电力电子技术的发展综述[J]. 微电机,1999,32(6):24~27
- [3] 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术[M]. 北京:航空航天大学出版社,1999. 1~494
- [4] 张友德,赵志英,涂时亮. 单片微型机原理、应用与实验[M]. 上海:复旦大学出版社,2000. 1~371
- [5] 解永勃,孙茂权,等. 过零触发比例选控电路的设计与分析[J]. 首都师范大学学报,1995,16(4):40~44
- [6] 王成华,李明,陈昊. 机车温度控制系统的研制[J]. 数据采集与处理,2000,15(3):386~389
- [7] 王岫光,王晓军. 在单片机控制系统中实现晶闸管的过零控制[J]. 微机与应用,2001(6):25~27