

# 基于单片机的可控硅全控桥数字触发控制系统

刘政,黄席抛

(重庆大学自动化学院,重庆 400044)

**摘要:**针对中小型水电站励磁系统设计了一种基于单片机的新型实用的可控硅数字触发电路,运用单片机高速输出口实现可控硅全控桥的触发控制,该电路集控制、触发于一体,使其外围元件少,集成度高,控制精度高,稳定可靠,运用多种控制理论和最新电子技术及检测技术,用单片机微机实现了水轮发电机组励磁控制系统的采样、控制、存贮、通讯、数字触发脉冲、软件调差及全软件实现各控制功能模块,克服了模拟集成电路的缺点,使其结构简单,功能完善,可靠性高,成本低,使中小型水电机励磁控制性能进一步提高,并阐述了一个应用于水电站励磁控制系统中的实际应用。

**关键词:**可控硅;触发脉冲;励磁系统;水电站;单片机

**中图分类号:**TP 23

**文献标识码:**A

目前常用的可控硅触发电路均采用模拟集成电路,由于元器件较多,通常使用阻容元件进行积分斜率调整,使得电路复杂,可靠性差,调试维护较为困难。笔者所提出的基于单片机为核心,集控制、触发于一体的可控硅控制器,使其外围元件少,集成度高,控制精度高,克服了模拟集成电路的缺点。本控制器已运用于重庆西南水电控制设备厂生产的“WLC-2A”型微机励磁调节器上,在水电站励磁控制系统中获得了很好的效果。

## 1 主电路分析

### 1.1 系统结构

水电站励磁控制器的受控对象为可控硅全控桥或半控桥,如何控制好可控硅的输出电流,以达到励磁控制器的要求,成为了水电站励磁控制系统的核心<sup>[1,2]</sup>。如图1为水电站励磁控制系统结构框图,其中“PT1隔离”和“PT2隔离”为三相电压互感器,分别用于测量机端和电网电压的幅值和相位,并作为三相可控硅全控桥触发同步信号输入;“CT隔离”为机组电流互感器,用于测量机组输出电流幅值和相位;“脉冲隔离放大板”为触发脉冲功率放大隔离输出;“MPU控制板”为可控硅控制器核心部分,它以AT90S8535单片机为微控制器,此单片机带有8Kbyte Flash Rom, 512byte

EEPROM, 512byte RAM, 32byte Register, 8ch 10bit A/D, 一路高速捕捉口(ICP),二路高速比较输出口 OC1A 和 OC1B,3个定时器,1路UART,1路SPI接口,2路外中断,最高运算速度可达到8M条指令/秒,由它可完成水电站励磁系统的所有检测,控制及保护功能。

### 1.2 数字同步及触发电路分析

图2所示为可控硅全控桥同步触发电路简图

它采集同步输入和相位信号,由单片机 ICP 捕捉同步信号的上升沿,软件滤波,消除干扰以及同步正弦信号的畸变,得到正弦信号的真实过零点,作为可控硅的同步信号,同时单片机检测各反馈量,计算各反馈值,由不同的控制算法求取控制角 $\alpha$ ,并求出控制量,各过程的关系如图3所示。

其中,(a)为同步交流信号;(b)为整形隔离后的方波;(c)为单片机高速比较输出口脉冲波形(OC1A),OC1A 输出脉冲经过74HC1139的选择端A,B分别向6个可控硅输出控制脉冲,(d),(e)为分配到6个可控硅的双窄脉冲,图中1,3,5,2,4,6表示第1,3,5,2,4,6号可控硅的主脉冲,1',3',5',2',4',6'表示第1,3,5,2,4,6号可控硅的补脉冲<sup>[3]</sup>。

以上所有时序以定时器T1为时基,定时器T1为16位定时计数器,软件扩展为32位,计数频率为8MHz,即同步触发脉冲最高分辨率为0.125 $\mu$ s,同时

收稿日期:2001-06-20

作者简介:刘政(1969-),男,四川宜宾人,重庆西南水电控制设备厂工程师,重庆大学硕士研究生。研究方向为检测技术与自动化仪表。

ICP 和 OC1A 为硬件捕获和输出,保证软件运行不影响同步和脉冲的精确性,当电网频率为 50Hz 时其测频和

脉冲输出的理论误差可达: $0.125 \mu\text{s}/20 \text{ms} \times 100\% = 0.000625\%$

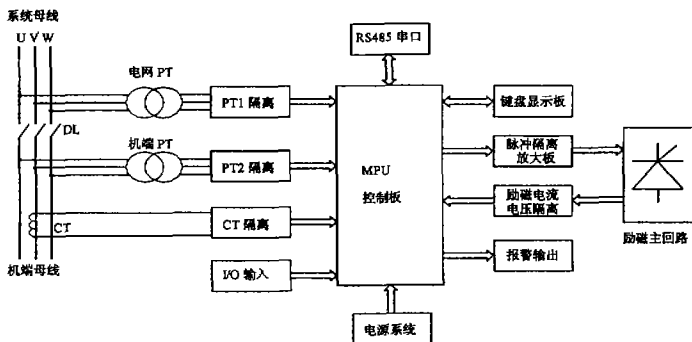


图1 励磁系统结构框图

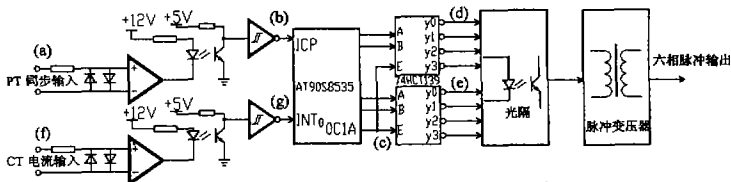


图2 同步及触发电路

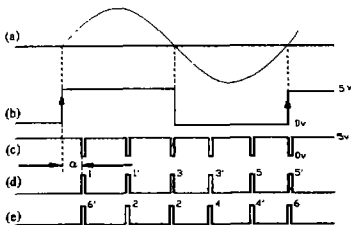


图3 数字同步触发脉

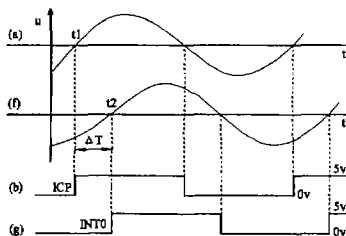


图4 机端电压电流相位关系

## 2 电参量计算

本控制系统中,用于各控制算法的检测量有:励磁电压、励磁电流、机端电压、功率因数、无功等,对于功率因数、无功等参数等采用软件计算。

如图4所示,机端电压  $U$ , 电流  $I$ , 周期  $T$ , 过零相位时差  $\Delta T$  均可由硬件直接测量,由此可计算视在功率  $S$ , 有功  $P$ , 无功  $Q$ , 频率  $f$ , 功率因数  $\cos\phi$ , 其算法为:

$$f = 1/T \quad \textcircled{1}$$

$$\cos\phi = \cos(\Delta T/T * 2\pi) \quad \textcircled{2}$$

$$S = UI \quad \textcircled{3}$$

$$P = UI\cos\phi \quad \textcircled{4}$$

$$Q = UI\sin\phi \quad \textcircled{5}$$

① 有参量,故集成有各种控制软件模块,各软件模块结构如图5所示,包括:机端电压、励磁电流、无功、功率因数、快速励磁及电力系统稳定器(PSS)等,同时包括了多种限制模块,如:V/F限制、过励限制、欠励限制、强励反时限、过压保护、最大励磁限制、空载励磁限制等,各功能模块功能完善,结构化程序设计,并配有RS485通讯接口,通讯协议兼容于MODE BUS通讯协议,便于联网远距离通讯,可实现遥测、遥控,并具有机组组成控制功能,可方便地实现站内机组无功成组调节<sup>[4]</sup>。

### 3 软件模块

#### 3.1 软件结构分析

由于本控制系统已采集水电站励磁系统相关的所

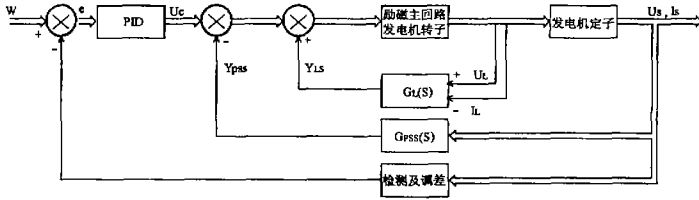


图5 控制系统软件结构框图

#### 3.2 同步及触发软件模块

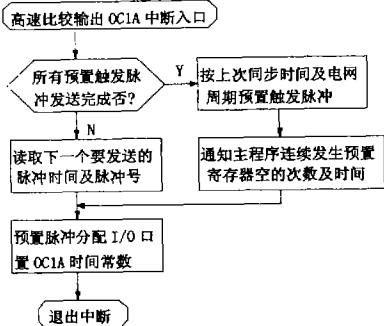


图6 同步软件模块流程图

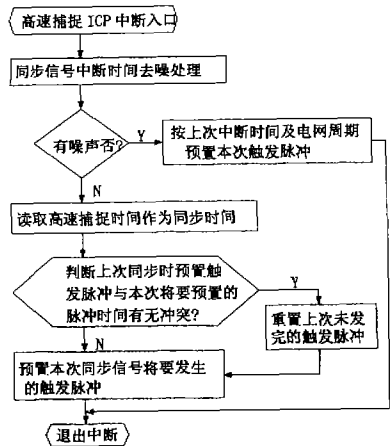


图7 触发软件模块流程图

##### 3.2.1 同步软件

同步信号是可控硅触发的基准,同步信号的误捕捉可能造成可控硅的误触发,甚至失控,因此同步信号的去噪处理和预估就显得尤为重要。本系统中,同步信号除了硬件处理外,软件上也进行了多重处理,高速捕捉中断处理流程如图6所示。首先,中断程序检测ICP口有无电压错误和高速中断(> 200 kHz),若有则认为有噪声;同时由于电网频率在两个周期之间的变

化率不可能突变,因此先由历史数据预测本次中断时间,若与当前中断时间有较大差异,则认为有噪声。有噪声则放弃本次同步信号中断,并按上次中断时间和电网频率预置触发脉冲。若无噪声则以本次捕捉作为同步信号进行预置脉冲,同时,如果上次预置脉冲与本

次在时间上有冲突,则刷新未发完的脉冲。

由于同步捕捉是由单片机硬件自动完成,因此同步时间分辨率可达  $0.125 \mu\text{s}$ ,是非常高的。另外,本中断程序力求快速反应,最大处理时间  $< 15 \mu\text{s}$ 。所有这些预处理和实时处理极大地减少了同步错误的产生,保证了系统的可靠性和精度。

#### 4.2.2 脉冲触发软件

脉冲触发软件流程图如图7所示,当高速比较输出 OC1A 中断产生时,表明上一脉冲事件完成,程序将从脉冲预置缓冲区取出数据送到单片机高速比较输出寄存器,并预置单片机 I/O 口以选择将要发出的脉冲号。此模块同时向主程序提供有无同步信号丢失数据,当有同步信号丢失时能自动按历史数据补偿因同步丢失而造成的丢失脉冲,进一步增加了系统的可靠性。另外,脉冲信号的输出是由单片机高速比较输出硬件自动完成的,最高时间输出分辨率可达  $0.125 \mu\text{s}$ 。同时,本中断程序也力求快速反应,最大处理时间  $< 10 \mu\text{s}$ ,脉冲的精度和可靠性得到了很好的保证。

## 4 结论

本文给出了可控硅全控桥数字触发电路,其硬件

结构巧妙,配以完善的功能模块程序和控制算法,达到了很好的控制效果和非常高的可靠性。所述技术已成功运用于重庆西南水电控制设备厂生产的“WLC-2A”型微机励磁调节器上,用单片微机实现了采样、控制、存贮、通讯、数字触发脉冲、软件调差,全软件实现各控制功能,使其结构简单、功能完善、可靠性高、成本低,使中小型水电机组励磁控制性能进一步提高。

#### 参考文献:

- [1] 黄俊,王兆安. 电力电子变流技术[M]. 北京:机械工业出版社,1995.
- [2] 黄耀群,李兴源. 同步电机现代励磁系统及其控制[M]. 成都:成都科技大学出版社,1993.
- [3] 粟春,高辉,石建明,等. 基于 DSP 的静止同步补偿脉冲发生器及控制器的设计[J]. 电力系统自动化,1999,23(13): 26-29.
- [4] 贾晓炸,秦敏,顾颖萌. 微机励磁调节器功能的完善和改进[J]. 电力系统自动化,1999,23(10):45-46.

## A Digital Thyristor Trigger Control System of Three Phase Full-control-bridge on the Base of Singlechip Controller

LIU Zheng, HUANG Xi-yue

(College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** A new type of digital trigger control system on the base of Singlechip Controller is proposed for water power station control system. The trigger use the singlechip controller's highspeed output port skillfully, and this system included controller and trigger, so as to reduce the component, reduce the cost and make the system more integrated, more precise and more reliable and advanced the hydro excitation control system. In this system, we use new electric technology, new detection technology and new automatic theory, so as to make the system more perfect and more intelligent. It has overcome the disadvantage of simulation integrate circuit in above.

**Key word:** thyristor; trigger's pulse; Excitation system; Hydropower station; Singlechip

(责任编辑 吕蓉英)