

电厂电动执行机构软启动器设计

沈德明¹, 袁 栋²

(1.南京科远自动化股份有限公司,江苏南京 211100;2.东南大学能源与环境学院,江苏南京 210018)

摘要:为了减小电动执行机构启动时对机械装置的冲击,同时可以控制大力矩电动执行机构的启动,提出了一种通过 AVR ATmega128 单片机控制晶闸管调压的三相交流异步电机软启动器,并分别介绍了其硬件组成和软件设计。实验结果表明了软启动器硬件设计以及软件设计的正确性,达到了控制电机定子两端电压的效果。

关键词:电动执行器;单片机;软启动;晶闸管

中图分类号:TM573

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2013)01-0030-04

电动执行机构作为电厂电动阀门的动力装置,是电厂自动化仪表中的执行单元,目前应用非常广泛,但也存在不少问题。现电厂多回转电动执行机构多采用三相交流异步电机,其传统的启动方式是将三相交流异步电机通过正反转模块或交流接触器直接接到电网上。这样启动电流大,容易对电网和执行机构本身造成损害。在许多场合这种过大的启动电流会对整个传动系统造成不良的影响^[1]。为了满足电动机自身启动条件、负载传动机械工艺要求、保护其他用电设备正常工作的需要,应当在电机自身启动过程中采取必要的措施控制其启动过程,降低启动电流冲击和和转矩冲击^[2]。现国内针对电动执行机构的晶闸管软启动器技术研究不多,已有的软启动器结构简单,采用三路晶闸管控制,可靠性不高且启动方式单一,不适合用于大力矩的电动执行机构。采用六路晶闸管控制比三路晶闸管控制具有更高的可靠性,且可以根据负载调节启动方式,可大力矩执行机构平稳启停,限制启动电流,减少机械冲击,减弱对传动机构的磨损,提高了设备的安全性和可靠性。文中在电动执行机构的基础上,以 ATmega128 单片机为控制核心,分别控制六路晶闸管的导通角从而调节执行机构三相异步电机两端的电压,满足阀门的软启动需要。

1 系统总体架构

该软启动装置是由一片处理器(ATmega128)控制六路晶闸管实现对电动机定子两端电压进行控制,用以达到软启动的功能。利用电流传感器对启动电流进行幅值检测,通过电压检测电路对三相电进行相序检测和过零检测,利用正反转模块实现电机正转反转的切换。整个系统用变压器将强电弱电隔离,并且通过后级电路进行整形滤波后对控制系统、晶闸管驱动电路以及正反转模块供电。整个系统总体构架如图1所示。

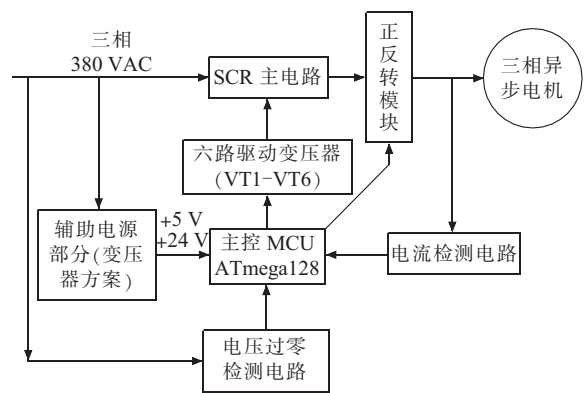


图1 系统总体构架

2 系统的硬件电路设计

2.1 系统主回路

软启动器主回路采用图2所示的三相交流调压电路。在电源和异步电动机之间接入反并联的晶闸管调压电路,通过改变晶闸管触发角来改变电动机定子两端电压,进而改变电机的转速和定子电流等物理量^[3]。由于图2所示的电路中没有中线,因此工作时若负载电流流通,至少要有两相构成通路,其中一相是正向晶闸管导通,另一相则是反向晶闸管导通^[4]。为了保证电路起始工作时有2个晶闸管同时导通,以及在感性负载与控制角较小时仍能保证不同相的2个晶闸管同时导通,文中的设计采用了能产生大于 60° 的宽PWM脉冲触发电路。

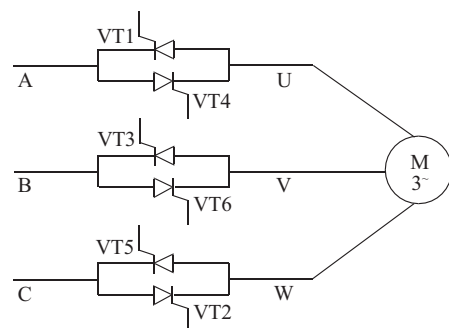


图2 软启动系统主回路

2.2 系统电源电路的设计

电源模块主要完成控制系统各单元的供电,其性能好坏直接影响系统的可靠运行。根据系统的要求,采用电源输入工频变压器后级加六路隔离变压器驱动晶闸管的整体方案。电源变压器提供 20 W 的输出能力作为控制系统总的供电,后级输出+5 V,+12 V,+24 V 作为各个单元电路供电。系统电源分配如图 3 所示。晶闸管驱动板输入输出部分与系统电气隔离,保证系统的安全性。

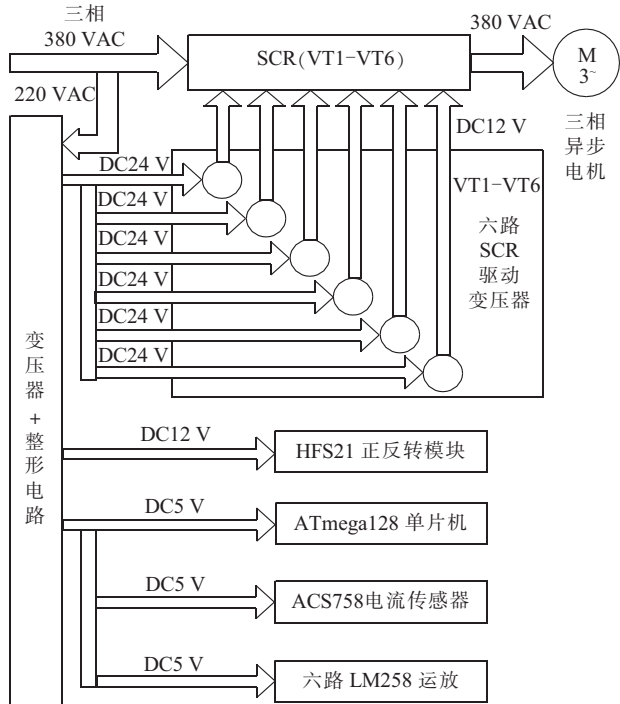


图 3 系统电源分配

2.3 系统控制电路的设计

软启动器控制电路以高性能、低功耗 8 位微处理器 ATmega128 单片机为控制核心,包括电流检测电路,电压过零检测电路,脉冲触发电路以及正反转控制电路。软启动控制电路结构如图 4 所示。

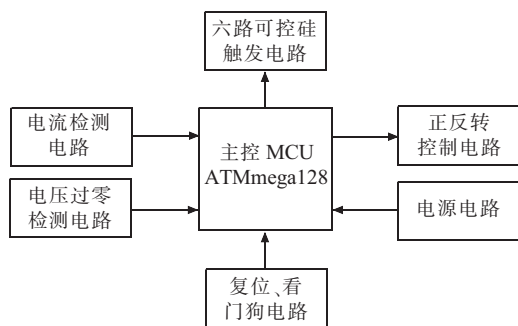


图 4 系统控制电路结构

2.4 电压过零检测电路

过零检测电路的作用是把高压过零信号采集后送给单片机,作为单片机定时器的标准。该设计采用光耦与大功率电阻采集高压信号,电阻降压,光耦过零触

发。光耦后级接上拉电阻,相电压过零后光耦导通,电平信号有高低会产生变化。单片机通过采集到的电平变化信号来确定相电压过零导通的时间,并且可以通过过零导通的时序对三相电进行相序检测。电压过零检测电路如图 5 所示。

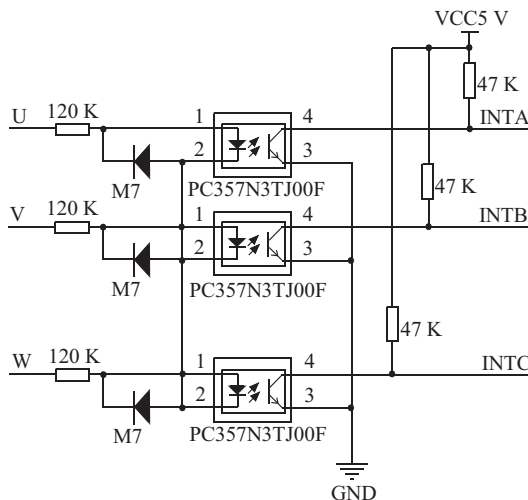


图 5 过零检测电路

2.5 晶闸管驱动电路

利用 ATmega128 单片机发出的六路 PWM 脉冲控制 A,B,C 三相 6 个晶闸管的触发。由于单片机输出触发信号不足以触发晶闸管,故需将 PWM 脉冲触发信号通过晶闸管触发变压器将触发功率放大。由于主电路中设有中线,为了保证可控硅的导通以及触发时序的正确,在同一时刻必需有 2 个晶闸管导通。考虑到可靠性的要求,该设计采用大于 60° 的宽 PWM 脉冲列触发信号。

脉冲驱动电路如图 6 所示,单片机发出一串宽 PWM 脉冲,经过三极管进行功率放大,然后将放大信号通过晶闸管触发变压器使晶闸管控制极和阴极之间加正向电压,从而触发晶闸管导通。

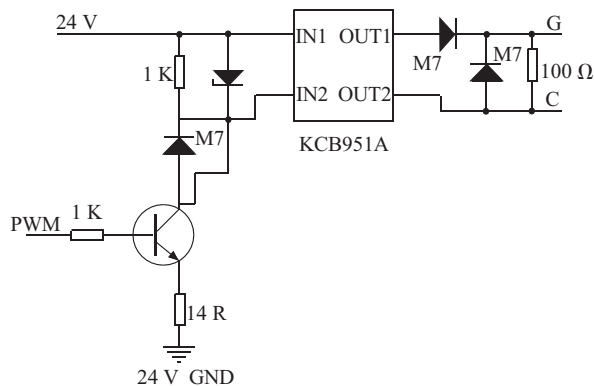


图 6 晶闸管触发电路

3 系统软件设计

软启动器的软件主要包括系统主程序和中断脉冲触发程序,并采用模块化设计。

3.1 系统主程序设计

系统主程序主要包括系统上电初始化、缺相检测、电机正反转控制、软启动与软停车模式选择、软启动控制方式的选择,以及按预定方式实现电机软启动。主程序流程如图 7 所示。

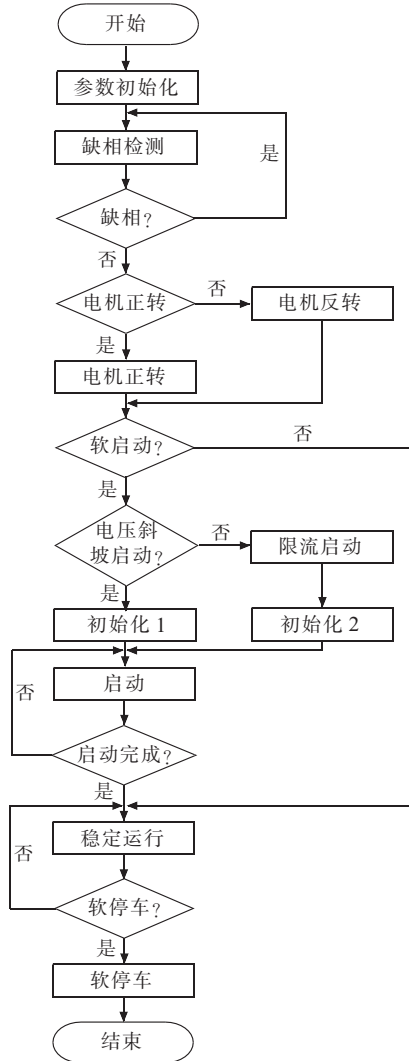


图 7 主程序流程

3.2 中断脉冲触发程序

由于晶闸管触发变压器本身伏秒特性的限制,不能给出宽脉冲触发信号,故该设计采用宽 PWM 触发脉冲,即给需要导通的晶闸管 1 个大于 60° 的 PWM 脉冲列,这样可至少保证两相之间构成通路,并且该触发方式比双脉冲触发方式有更高的可靠性^[5]。设计中 PWM 脉冲频率为 5 kHz,占空比 25%。

ATmega128 单片机通过 3 个外部中断 INT2, INT6, INT7 分别检测到电压过零检测电路送来的相电压过零中断信号,并按照触发角的变化延时相应的角度,给出触发信号,然后延时大约 3.5 ms 停止触发脉冲的发送。利用单片机的 2 个 16 位定时器 / 计数器 T/C1 和 T/C3 的定时功能,将 T/C1 和 T/C3 的工作模式设置为快速 PWM 模式,利用定时器比较匹配中断

和溢出中断实现脉冲列的定时。同时利用定时器 / 计数器 T/C0 实现触发角和脉冲列宽度的定时^[6]。其中 A 相中断脉冲触发程序流程如图 8 所示。

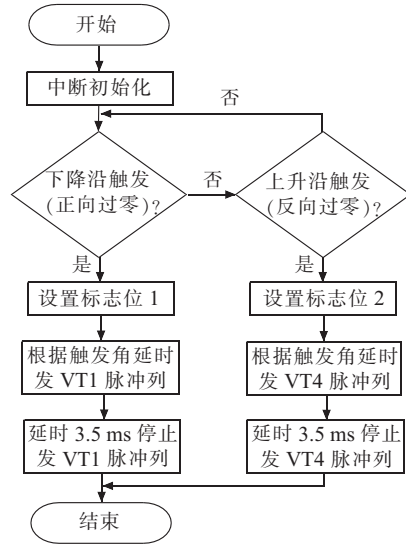


图 8 A 相脉冲触发程序流程

4 实验结果及分析

根据上述软硬件设计方案,设计并制作了 1 台电动执行机构软启动器样机并进行实验。三相异步电机额定功率为 1.5 kW,额定转速为 1 440 r/min。图 9 为晶闸管 VT1 与 VT6 触发脉冲列的关系,脉冲列宽度为 3.5 ms 且 VT6 脉冲列比 VT1 脉冲列超前 60° 。由于 A 相正半周期和 C 相负半周期相位差 60° ,按照触发顺序,在 A 相导通的同时,需同时将 C 相导通,这样就保证两相之间构成了通路,说明了触发脉冲相序的正确性。

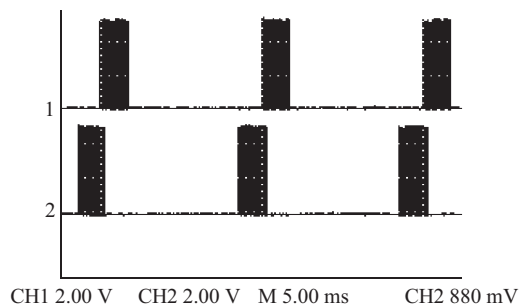
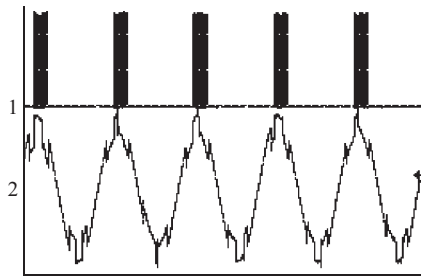
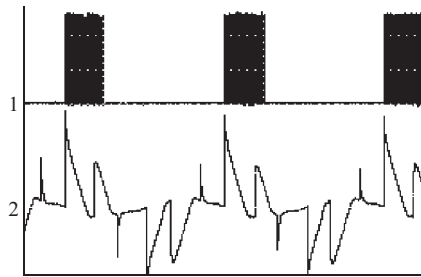


图 9 晶闸管 VT1 与 VT6 触发脉冲关系

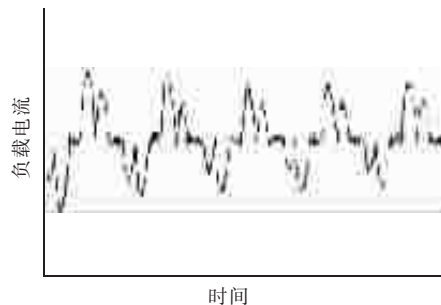
图 10 为当触发角为 90° 时,输出线电压 U_{ab} 与晶闸管 VT1 触发信号之间的关系。图 11 为当触发角为 90° 时,负载相电压 U_a 与晶闸管 VT1 触发信号之间的关系。图 12 为 A 相负载电流的变化情况。从相电压 U_a 及相电流 I_a 的波形可以看出加在电机定子两端的电压电流发生了变化,说明软启动器起到了调压调速的效果,同时表明单片机输出的脉冲列通过隔离、放大之后可以成为可靠触发晶闸管的触发脉冲信号。



CH1 2.00 V CH2 2.00 V M 10.00 ms CH2 110 V

图 10 $\alpha=90^\circ$ 线电压 U_{ab} 与 VT1 脉冲列的关系

CH1 2.00 V CH2 100 V M 5.00 ms CH2 36.0 V

图 11 $\alpha=90^\circ$ 相电压 U_a 与 VT1 脉冲列的关系图 12 $\alpha=90^\circ$ A 相负载电流变化

5 结束语

提出了一种采用六路晶闸管控制有多种启动控制方式的电动执行机构软启动器,并介绍了其硬件组成和软件设计。文中所做的工作验证了其硬件电路设计的可靠性和中断触发程序的正确性,为下一步电动执行机构软启动器多种控制方式的研究做准备。

参考文献:

- [1] 季锋.国产电动执行机构发展与现状[J].世界仪表与自动化,2009(3):24-25.
- [2] GHODHBANI L,REBHI B,KOURDA F,et al. Comparison Among Electronic Start up Methods for Induction motors [A]. Systems Signals and Devices(SSD), 2010 7th International Multi-Conference on, Amman, 2010.
- [3] 刘利,王栋.电动机软启动器实用技术[M].北京:中国电力出版社,2009.
- [4] 王艳杰,曾毅,吕凤.基于 ATmega128 的智能软启动器的设计[J].自动化技术与应用,2010,19(2):72-75.
- [5] 黄美成,卢洁,彭永进.晶闸管交流调压电路的触发方案研究[J].电子电力技术,2004,38(2):54-55.
- [6] 金钟夫,杜刚,王群. AVR ATmega128 单片机 C 程序设计与实践[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.

作者简介:

沈德明(1969),男,副教授,高级工程师,主要从事自动控制等方面研究;

袁栋(1987),男,硕士研究生,主要从事电动执行机构等方面研究。

Design of Soft-Starter in Electric Actuator

SHEN De-ming¹, YUAN Dong²

(1. Nanjing SCIYON automation group Co. Ltd, Nanjing 211100, China;

2. School of Energy and Environment, Southeast University, Nanjing 210018, China)

Abstract: In order to reduce the impacts of electric actuator on the mechanical device when starting and control the start of the high torque electric actuator, a soft starter device for three-phase AC asynchronous motor based on AVR ATmega128 as control core and thyristors as voltage adjustable element is proposed in this paper, then the hardware composing and software designing of the device are analyzed. The results that the soft start designing is correct and soft starter device could achieve the effect of control motor stator voltage are shown by the experiments.

Key words: electric actuator; microcontroller; soft starter; thyristor

两手空空的教训

老虎正在觅食,发现不远处有一只兔子正在睡觉,它正准备美餐一顿,忽然看见一只鹿在前面行走,于是决定先去追赶鹿,一会儿再来处置兔子。老虎迅速向鹿冲去,但是鹿凭借自己极快的奔跑速度逃走了,老虎没能追到鹿,于是转头对付兔子,可兔子早在听到附近的动静后逃走了,老虎最后落得两手空空。

在一定的期限内,同时有两个目标,等于没有目标。两鸟在林,不如一鸟在手。企业在制定目标时,要分清主次,明确重点。管理者千万不要眺望远方模糊的东西,而忽略了眼前切实的目标,否则将一事无成。