

文章编号:1671-251X(2013)04-0031-05

DOI:

孟彦京,杨波.一种基于 STM32 与 CPLD 的软启动器设计[J].工矿自动化,2013,39(4):31-35.

一种基于 STM32 与 CPLD 的软启动器设计

孟彦京, 杨波

(陕西科技大学 电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要:针对现有带式输送机、粉碎机软启动设备大多采用 8 位或 16 位单片机作为微处理器,存在运行速度较慢,软件编程不灵活等问题,设计了一种基于 STM32 与 CPLD 的软启动器。该启动器采用 STM32F103C8T63 微处理器为智能控制核心,采用 CPLD 为辅助控制核心,根据电压检测、电流检测及外部输入设备反馈回来的信息产生相应的输出,通过驱动电路对 3 组反并联的晶闸管触发角进行控制,从而改变电动机的启动电压或者频率,达到控制电动机启动的目的。实验结果表明,该软启动器克服了电动机直接启动时瞬间电流大的缺点,对改善异步电动机的启动特性具有很好的效果。

关键词:异步电动机;软启动器;电流检测;电压检测;过零检测;STM32;CPLD

中图分类号:TD608 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Design of soft starter based on STM32 and CPLD

MENG Yan-jing, YANG Bo

(School of Electrical and Information Engineering, Shaanxi University of
Science and Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract:In view of problems of slow running speed, inflexible software programming existed in motor soft starter for belt conveyor and shredder because of taking 8 or 16 bits single-chip microcomputer as microprocessor, a soft starter based on STM32 and CPLD was designed. The starter adopts STM32F103C8T63 as intelligent control core and CPLD as assistant control core, generates a corresponding output information according to feedback information of voltage detection, current detection and external input device, and uses drive circuit to control trigger angle of three sets of inverse parallel thyristors to change motor starting voltage or frequency, so as to control the motor starting. The experimental results show that the soft starter overcomes disadvantage of big transient current of direct starting of motor, which has a good effect for improving start features of asynchronous motor.

Key words: asynchronous motor; soft starter; current detection; voltage detection; crossing zero detection; STM32; CPLD

0 引言

带式输送机和粉碎机会使用软启动设备。目前,市场上大多数的软启动产品都采用 8 位或 16 位单片机作为微处理器。由于普通单片机的定时器和中断数量少,中断入口固定,运行速度也相对较慢,软件编程不够灵活方便,而且采用传统 PWM 控制方式,存在控制结构复杂、谐波较大等问题。鉴此,本文提

带式输送机和粉碎机会使用软启动设备。目前,市场上大多数的软启动产品都采用 8 位或 16 位单片机作为微处理器。由于普通单片机的定时器和中断数量少,中断入口固定,运行速度也相对较慢,软件编程不够灵活方便,而且采用传统 PWM 控制方式,存在控制结构复杂、谐波较大等问题。鉴此,本文提

收稿日期:2012-12-25。

基金项目:陕西省重大科技创新项目(2010ZKC04-06)。

作者简介:孟彦京(1956—),男,河北宁晋人,教授,博士,研究方向为电力电子与电力传动、自动化控制,E-mail:15902965595@126.com。

出一种基于 STM32 与 CPLD 微控制器、采用反并联晶闸管为主控回路的异步电动机软启动器的设计方法。该软启动器具有结构简单、容易实现、设计成本低的特点^[1]。

1 STM32 微控制器简介

STM32 微控制器选用 STM32F103C8T63 芯片,该芯片采用了最新的 Cortex-M3 内核,相较于 8 位、16 位单片机,Cortex-M3 内核的优势就是功耗更低、性能更强、成本更小,且相同的软件在不同的核之间可以相互兼容。STM32 系列外部中断/事件控制器包含 19 个边沿检测器,用于产生中断/事件请求。每个中断线都可以独立地配置它的触发事件(上升沿或下降沿或双边沿),并能够单独地被屏蔽,多达 80 个通用 I/O 口连接到 16 个外部中断线。72 MHz 的最高频率能够保证进入中断和中断响应速度^[2]。故本软启动器选用 STM32 微控制器作为核心控制器,具有运算速度快,编程简单、灵活等特点。

2 软启动器硬件设计

2.1 软启动器控制结构

软启动器控制结构如图 1 所示。

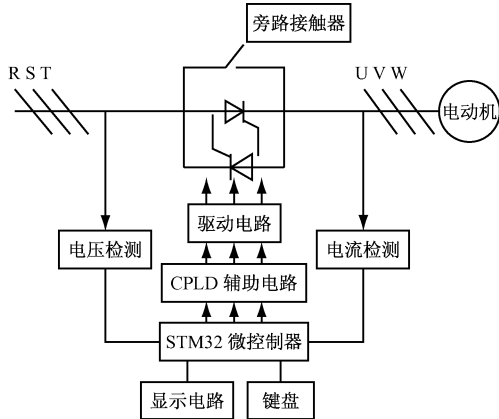


图 1 软启动器控制结构

STM32F103C8T63 根据电压检测、电流检测及外部输入设备反馈回来的信息产生相应的输出,通过驱动电路对 3 组反并联的晶闸管的触发角进行控制,使其按照一定规律变化,从而来改变电动机的启动电压或者频率,达到控制电动机启动的目的。

电压检测部分主要包括前期的电压缺相检测、相序检测及在运行过程中产生电源同步信号;电流检测部分包括电动机转速的检测和电流检测;显示电路包括启动过程中的状态显示、参数显示及故障报警显示;键盘主要用于启动方式的选择和电动机参数的输入;驱动电路采用 6 路脉冲变压器,该变压

器具有绝缘性强、隔离效果好等特点,串联在控制回路和晶闸管之间,起到隔离和保护电路板的作用。

2.2 主要硬件电路设计

2.2.1 电压检测电路

电压检测电路包含产生电源同步信号、缺相检测和相序检测 3 个主要功能,电路如图 2 所示。

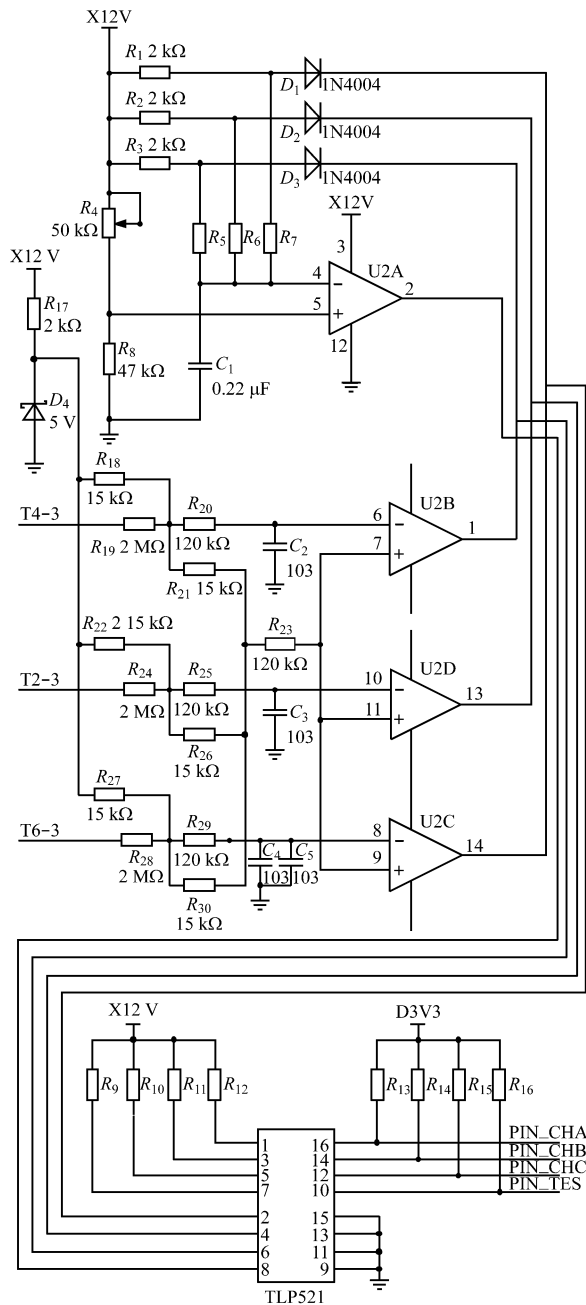


图 2 电压检测电路

三相电源每一相经过过零检测电路后会产生一个占空比为 50%、周期为 20 ms 的同步方波信号,再经过光耦隔离器件 TLP521 送给 STM32 用于产生控制信号,同时又将 3 路方波信号送给比较器 U2A,把 3 路互差 120°的方波信号合成一个一直

为高电平的缺相检测信号,一旦出现缺相现象,缺相检测信号就会出现一段低电平,此信号也通过光耦隔离器件 TLP521 送给 STM32。

(1) 同步信号产生。为了能使主回路中的各个晶闸管准确触发,必须保证控制器发出的触发脉冲信号与电源电压保持严格的相位关系,所以要在控制电路中设置同步电路。本软启动器采用高速光耦设计三相同步信号电路,即对每一相都进行过零检测,产生一个与电源正弦波信号相对应的方波信号,正弦波正半周对应方波的高电平,正弦波负半周对应方波的低电平,周期为 20 ms,3 路方波信号相同且相互独立。STM32F103C8T63 具有上升沿和下降沿 2 种中断进入方式,并根据进入中断的不同方式对相应的晶闸管进行触发,可以很准确地控制晶闸管的触发角度,软件编程实现也比较简单灵活^[3]。

(2) 缺相检测。主程序初始化后就要进行缺相检测,根据电压检测电路主要功能,经过过零检测后,电源由正弦波变成高低电平的方波,1 代表高电平,0 代表低电平;在不缺相的情况下,A,B,C 三相产生的高电平相互重叠,故检测到一直都是高电平;当缺少一相及以上时,就会出现低电平,故程序中只需检测该引脚的电平,一旦出现低电平,说明有缺相现象。

(3) 相序检测。在缺相检测无误的情况下,程序初始化后首先读取 A 相的状态值(0 或 1),延迟 7 ms 后再读取 B 相的状态值,若 B 相与 A 相状态值不相等,则说明相序错误,结束程序并报警,若相等则延迟 7 ms 读取 C 相状态值,若 C 相值与 B 相不相等,说明相序错误,结束程序并报警,若相等则说明相序正确,结束程序^[4]。

2.2.2 CPLD 辅助电路

为了提高启动器系统的可靠性和安全性,采用以 CPLD 为核心的辅助控制电路,主要负责对 STM32 的控制信号进行滤波,触发脉冲信号的产生,给出故障报警信号及旁路输出信号等。本文采用的 CPLD 芯片为 EPM240T100C5N,该芯片具有成本低、功耗低、可以瞬时上电、I/O 的外围组件兼容性好及运行速度快等优点。CPLD 主要实现两大功能:

(1) 加密功能。通过 CPLD 的硬件编程实现对控制算法的加密,把 STM32 发出的控制信号经过简单与或非运算,再发送给控制晶闸管的驱动电路,确保了该软启动器的安全性。

(2) 提高晶闸管触发的可靠性。在 CPLD 外围

加了一个振荡电路,如图 3 所示,将这个振荡电路产生的脉冲信号与 STM32 发出的高电平触发信号进行运算,产生高频脉冲信号,确保晶闸管准确触发。

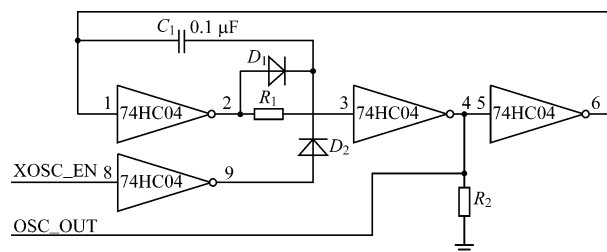


图 3 CPLD 外围振荡电路

3 软启动器软件设计

软启动器的软件主要包括初始化程序、主程序和中断子程序 3 个部分。为了提高程序的通用性和较好的移植性,在编程时采用模块化编程。主程序主要完成硬件和软件初始化,开启外部中断、定时器中断,进行缺相检测、相序检测、启动方式检测、过压和过流检测、温度检测以及判断是否需要显示。

采用 3 个普通定时器 Tim4, Tim2 和 Tim3 分别对电源 A,B,C 三相进行控制,每一相的控制方法完全相同,只是采用的定时器不同,A 相采用定时器 Tim4,B 相采用定时器 Tim2,C 相采用定时器 Tim3,下面以 A 相为例进行说明。

中断控制如图 4 所示。首先通过电压过零检测电路检测到跳变之后,即 t_1 时刻进入外部中断,在中断响应程序中判断是上半周还是下半周,若是上半周,则首先确定要对晶闸管 T_1 进行控制,打开定时器 Tim4 并根据主程序设置的触发角度设定定时时间;若是下半周,确定要对晶闸管 T_4 进行控制,打开定时器 Tim4 并设定定时时间,然后定时器开始计时,当定时器 Tim4 达到定时时间,即 t_2 时刻则进入定时器中断,在定时器中断响应程序中发出脉冲信号,打开晶闸管 T_1 或 T_4 ,当定时器定时时间到达 t_3 时刻值时,进入溢出中断,在中断程序中给定时器清零,并关闭定时器,等待下一次中断程序。故在电源的 1 个正弦周期内系统会进入 6 次中断,采用中断方式进行控制的好处是可以对每个周期甚至每个半周期分别进行控制,与普通单片机控制相比,具有很高的灵活性,而且触发角度控制准确且速度较单片机快很多,这种控制方式也可以应用在离散变频软启动的控制算法中,这是普通单片机控制无法实现的。该软启动器有斜坡升压启动方式、限流启动方式,其控制算法由软件实现。

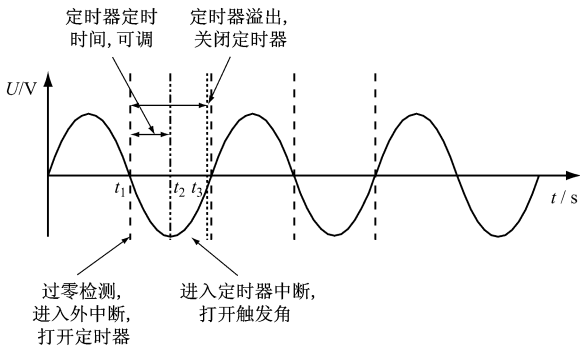


图 4 中断控制

3.1 斜坡升压启动方式

如图 5 所示,斜坡升压控制是一个开环控制,只需对触发角度进行控制,使其与时间成一定函数关系,不考虑电流等其他因素,这里采用触发角逐次自减的方法,在中断程序中,每次进入中断后计数器 Ang_A++ ,在斜坡升压程序中,起始电压可以任意设置(程序中触发角度设为 120°),每次自减 1° ,要自减 120 次;启动时间可以任意设置(程序中为 10 s),首先 $10 \times 50 = 500$ (三相交流电源每秒有 50 个正弦周期),计算出在规定启动时间内共有 500 个正弦周期,再令 $500/120=4$,即每隔 4 个正弦周期自减 1 次。故在软件中判断当计数器 Ang_A 等于 4 时,触发角度自减 1° ,同时将计数器 Ang_A 清零,不断循环自减,直到触发角度等于终值角度,终值角度可以是零也可任意设置,到此启动过程结束。采用此种方法实现升压启动,用户变量设置灵活,在空载启动时也可抑制空载电动机振荡的产生。

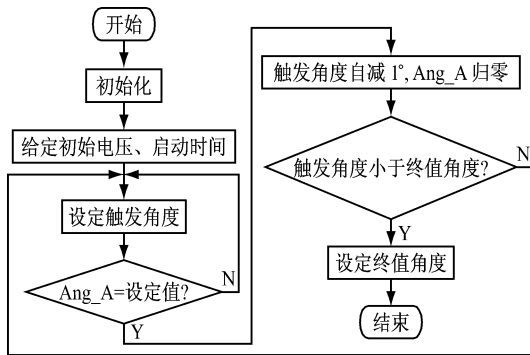


图 5 斜坡升压启动程序流程

3.2 限流启动方式

限流启动程序流程如图 6 所示,程序前半部分采用斜坡升压方式,只是上升速度较快,当电流值上升至设定值时,保持当前的触发角度;当电流值超过设定值时增大触发角度,让电流降下来;当电流值再次小于设定值时,减小触发角,同时计时;若电流值持续大于设定值 150 ms,停机并报警,否则程序继

续执行。故在程序初始化后,首先读取给定的设置值,设置初始的触发角度,然后逐渐减小,程序通过 ADC 实时采集当前的电流值,若电流小于设定值,触发角继续减小,程序无动作;若电流值等于设定值,则保持当前的触发角度;若电流值大于设定值,增大触发角度,即减小电压值,增大的速率比开始减小得快,以保证电流值能迅速降到设定值以下。当电流值降到设定值以下后再减小触发角,即增大电压,程序不断的重复上述 2 个过程,直至启动完毕。

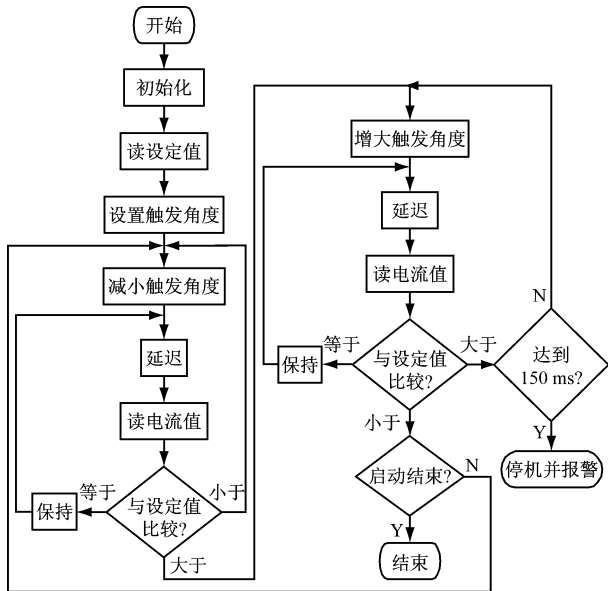


图 6 限流启动程序流程

限流启动方式较斜坡升压启动方式具有更高的可靠性,且在电流允许范围内具有较大的启动转矩,启动速度也较快^[5]。

4 实验结果与分析

为了验证本文所设计的软启动器的性能,采用 Matlab 软件对三相异步电动机重载软启动及直接启动过程进行实验仿真和对比,仿真结果如图 7—图 10 所示。

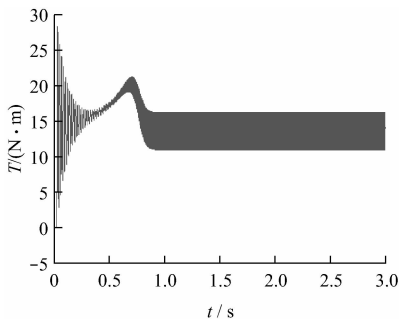


图 7 斜坡升压启动转矩波形

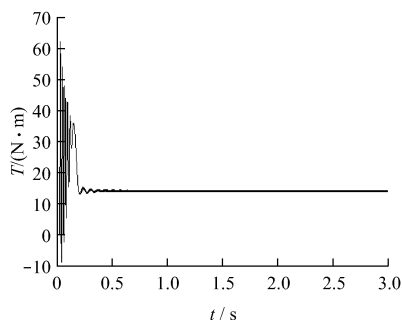


图8 直接启动转矩波形

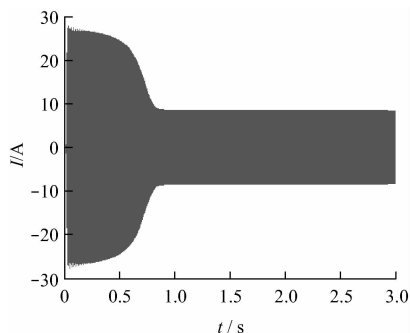


图9 斜坡升压启动定子电流波形

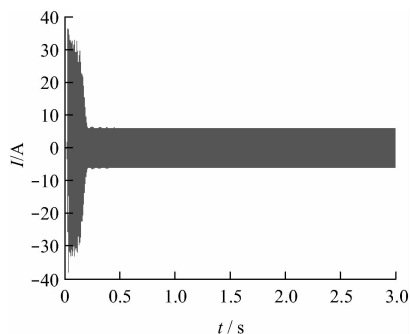


图10 直接启动定子电流波形

从图7—图10可看出,在重载启动过程中,虽然软启动过程较直接启动过程要长,但是软启动时的定子电流比直接启动时的定子电流要小很多,克服了三相异步电动机直接启动时瞬间电流大的缺点,对改善异步电动机的启动特性具有很好的效果。

5 结语

根据STM32微控制器以及工矿设备的特点,设计了一种基于STM32和CPLD为辅助控制电路的异步电动机软启动器。利用STM32微控制器中断响应速度快、定时器功能强大等特点可以实现对异步电动机的调压调频控制。与采用普通单片机控制和传统PWM控制方式相比,该软启动器具有结构简单、实现容易、开发周期短、控制灵活且可靠性较强的特点。实验结果表明,该软启动器克服了电动机直接启动时瞬间电流大的缺点,有效改善了电动机的启动特性。

参考文献:

- [1] 晏英俊,张自强.基于STM32的步进电动机转速控制实验设计[J].实验室科学,2010,13(6):59-61.
- [2] 金来专,李铁鹰,陈政石.基于STM32微控制器的交流电机变频调速试验系统[J].茂名学院学报,2009,19(6):25-28.
- [3] 张锐.鼠笼型异步电动机软启动器的应用[J].云南水力发电,2008,24(2):79-80.
- [4] 张程.基于STM32的永磁同步电动机驱动器设计[J].福建工程学院学报,2011,9(1):61-64.
- [5] 刘芳霞.三相异步电动机软启动器的设计[J].机械工程与自动化,2011(2):144-148.