

文章编号: 1000-5013(2007)02-0120-04

单片机控制的异步电动机软起动器研制

戴茵茵, 方瑞明

(华侨大学 信息工程及自动化学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 提出一种以 80C196KC 单片机为控制核心的异步电动机软起动系统, 给出系统控制电路结构图、单片机控制系统硬件电路结构图和控制软件框图, 并对系统进行实验研究. 相比于直接起动, 使用软起动器的异步电动机, 其起动电流约为稳定电流的 4 倍; 电动机起动完成并达到稳态时, 直接起动与软起动过程的起动电流倍数分别为 6.66 和 2.96. 结果表明, 系统能有效地降低起动电流, 且起动过程平稳, 无冲击和振荡.

关键词: 异步电动机; 软起动器; 单片机; 晶闸管

中图分类号: TM 343.012; TM 32

文献标识码: A

当电动机直接合闸起动时, 起动电流很大, 一般鼠笼式异步电动机直接起动电流倍数为 4~7, 严重情况下, 可能达到 10 倍以上. 特别是当电动机容量较大时, 冲击电流会对电网及其负载造成干扰, 严重时, 甚至危害电网的安全运行. 起动电流过大时, 将使电动机本身受到过大电磁力的冲击, 如果经常起动, 还有绕组过热的危险. 同时, 由于起动应力较大, 使得负载设备的使用寿命降低^[1]. 随着电力电子技术和微机控制技术的发展, 国内外相继开发出以晶闸管为主的电路元件, 以单片机为控制核心的异步电动机软起动设备. 它平滑了异步电动机加速过程, 大大减缓了对电网的冲击, 减轻了对机械设备的振动; 而且, 它可根据电动机负载特性调节起动过程的各种参数, 增加了对不同负载的适应, 具有节能和对电动机的多种保护功能. 本文介绍一种以 Intel 80C196KC 单片机为控制核心的异步电动机软起动器.

1 基本原理

该软起动器主回路采用晶闸管反并联三相交流调压电路, 如图 1 所示. 它利用晶闸管进行调压, 其输出电压大小由晶闸管的导通角决定, 而晶闸管的导通角又与控制角有关, 控制角越小, 输出电压越大^[2]. 因此, 只需在电动机起动过程中, 通过控制晶闸管控制角的大小, 即可使电动机的定子端电压和起动电流根据工作要求设定的规律进行变化. 这样, 电动机的起动方式和起动电流均可任意调整和设置, 处于最佳的起动过程.

2 硬件设计

采用 80C196KC 单片机控制的电子软起动器的总体框图, 如图 2 所示. 其工作原理: 将反并联晶闸管三相交流调压电路串接于电动机的三相主电路上, 通过单片机进行检测运算后, 由高速输出通道 HSO 输出触发信号, 控制晶闸管的导通角度, 调节电机的起动电压, 控制电动机的起动电流的大小, 以实现电动机的软起动. 该系统主要部分的功能与实现方法有如下 4 个方面.

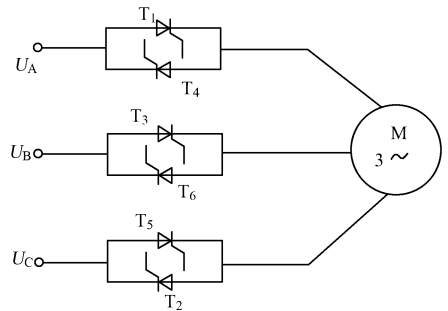


图 1 主电路原理图

Fig. 1 The schematic diagram of the main circuit

收稿日期: 2006-09-23

作者简介: 戴茵茵(1976-), 女, 助教, 硕士, 主要从事电力电子与电气传动的研究. E-mail: crystal@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省青年科技人才创新基金资助项目(2004J032); 华侨大学高层次人才科研启动项目(03BS101)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(1) 同步信号电路. 把线电压作为交流同步电压, 通过变压器降压后, 经过零比较器形成方波信号, 如图 3 所示. 将方波信号送入 80C196KC 单片机 HSI. 0 高速输入通道, 以保证触发脉冲与主电路电压同步. 由于所形成的方波信号的上跳沿超前于晶闸管控制角 α 为 0° 的基准 30° , 所以, 以线电压 U_{ab} 作

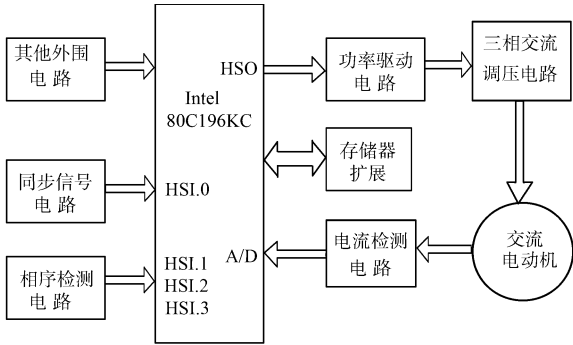


图 2 电子软起动器系统框图

Fig. 2 The block diagram of the soft starter

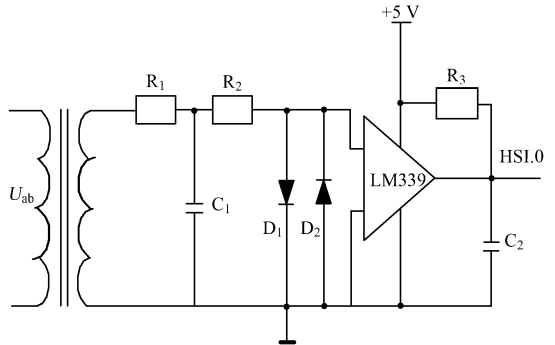


图 3 同步信号电路

Fig. 3 Synchronous signals circuit

同步电压时就有 30° 的相位差. 这在软件设计中要予以考虑并进行调整.

(2) 相序检测电路. 应用微机控制的软起动装置, 同步信号通常只有一路, 其他脉冲信号都要以此信号为基准. 因此, 只有确定相序, 才能正确地发出脉冲来控制晶闸管的导通顺序, 起到相序自适应的作用. 本系统设计中, 将采集到的三路反并联晶闸管的管压降信号输入单片机高速输入引脚 HSI. 1~ HSI. 3 中, 通过编写软件可实现相序检测的功能. 此种电路结构简单, 并巧妙地利用了晶闸管的触发脉冲线, 减少了主回路与控制回路的连线. 图 4 为其中的一路相序检测电路. 管压降取自反并联的两只晶闸管的阴极 K_1 和 K_2 , 这两点也正好是控制部分触发脉冲线的阴极线, 可以直接检测. A 相的反并联的晶闸管管压降经过 R_2 限流和 U_1 整流桥的整流, 再经过光电隔离, 最后经滤波由 A_1 点输出送入到单片机 HSI. 1 引脚上. 同理, B, C 相由 A_2 和 A_3 送入 HSI. 2 和 HSI. 3 引脚. 判断相序是在晶闸管导通前, 以及在发出触发脉冲前进行的. 在此状态下, 三相电压通过阻容吸收回路才形成回路, 因此只有在电压过零时, 管压降才为零. A_1 , A_2 和 A_3 三相管压降信号是严格遵循三相交流电相序规律的, 其信号的周期均为 180° , 各相的相位差为 120° , 如图 5 所示. 3 个管压降信号输入单片机的高速输入通道, 用软件很容易判定相序. 以 A_1 为基准, 当 A_1 信号的上升到来, 微机进行计时, 如果经过 60° 间隔到来的信号是

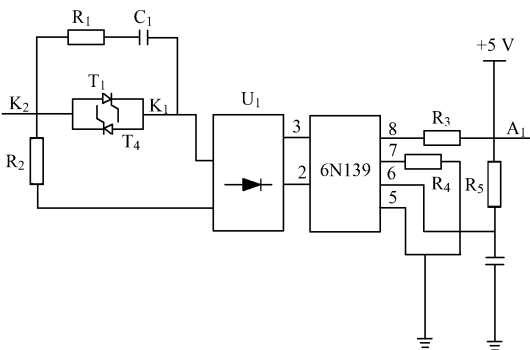


图 4 相序检测电路

Fig. 4 Phase order monitor circuit

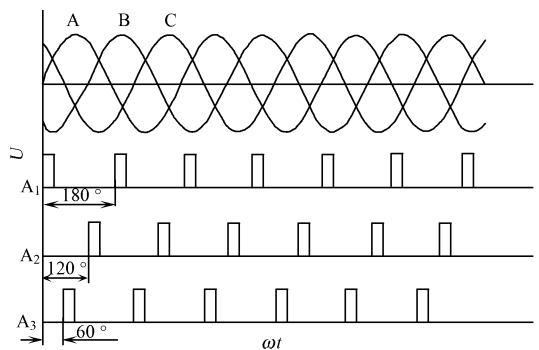


图 5 相序检测原理

Fig. 5 The schematic diagram of phase order monitor

A_3 , 经过 120° 间隔到来的信号为 A_2 , 则可判定为顺相序; 相反, 如 A_1 信号的上升沿到来后, 经过 60° 间隔到来的信号是 A_2 , 经过 120° 间隔到来的信号为 A_3 , 则判定为逆相序. 这可充分利用 80C196KC 的高速输入口的特殊功能, 记录三相管压降信号的下降沿时刻, 然后计算它们之间的相位, 从而判断相序.

(3) 电流检测电路. 异步电动机起动时, 若起动电流太大, 则对电网冲击大; 若起动电流过小, 则起动时间长. 因此, 在起动过程中, 需要限流调节和过流保护, 即在软起动控制器中, 应有电流检测环节. 电流检测电路图, 如图 6 所示. 主回路中接入电流互感器, 然后利用电路把电流互感器二次侧电流转换成 $0\sim 5\text{ V}$ 之间的电压, 最后输入单片机自带的 A/D 转换器中.

(4) 80C196KC 单片机最小系统. 单片机的最小系统是系统的核心控制单元, 负责信号检测、实时计算和输出控制等. 该最小系统主要包括单片机 80C196KC, 32 K 的 EPROM 27C256, 以及地址锁存器 74LS373 和复位电路.

3 软件设计

Intel80C196KC 是 16 位控制器, 指令系统极为丰富, 不但执行速度快, 而且编程效率极高, 很适合于实时控制^[3-4]. 本软起动器软件采用 ASM 96 编写, 以实现数据的判断、分析和控制功能. 系统应用程序主要由主程序、中断服务程序和子程序组成. 主程序完成系统初始化、参数的设置、相序的判断和起动方式的选择, 其程序流程图如图 7 所示. 中断服务程序有 HSL 0 中断程序和 HSO 中断程序, 其中 HIS. 0 中断程序主要是完成对同步信号的检测和软起动子程序的调用; HSO 中断服务程序是形成触发晶闸管门极的脉冲信号. 子程序主要是对一些数据算法的处理, 本系统中主要是对起动方法算法的处理, 即触发角变化的计算, 其程序流程图如图 8 所示. 本系统设计中对控制角的控制方式, 大致可分 4 个阶段^[5-6]. (1) 寻找到固定起动控制角 α_1 阶段. 在此阶段中, 控制角从初始设定值 α_0 开始, 迅速减小, 直到 α_1 . 当控制角达到 α_1 时, 电机定子电流恰好不超过限定的起动电流值, 这一段时间非常短. (2) 控制角 α_1 固定不变

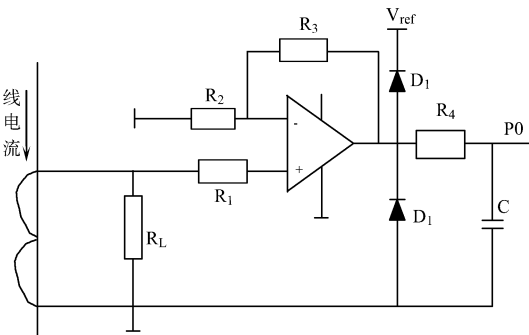


图 6 电流检测电路
Fig. 6 Current monitor circuit

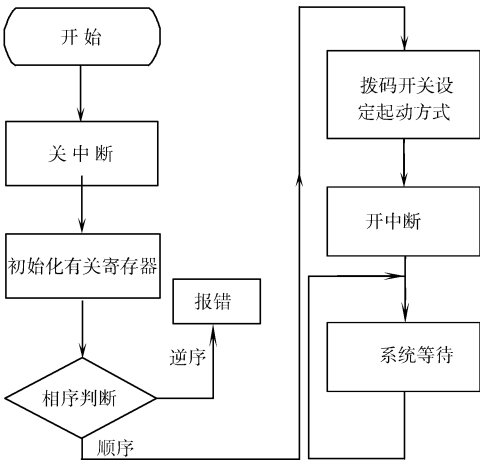


图 7 主程序流程图

Fig. 7 The flow chart of the main program

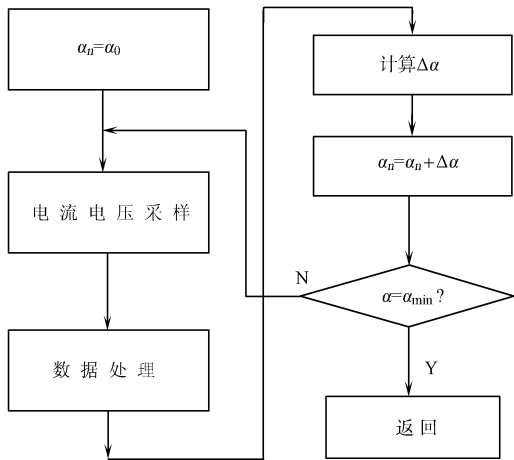


图 8 触发角计算程序流程图

Fig. 8 The flow chart of computing trigger angle

的阶段. 在这一过程中(起动开始阶段), 电机的功率因数变化较小. 如果控制角不变的话, 电流连续性的变化也不大, 电机的定子电压、电流、输出的平均转矩都是基本上不变的, 因此转矩能够线性上升. (3) 增步长移相阶段. 在第 2 阶段的后期, 功率因数迅速提高, 在电磁转矩不变的条件下, 转子电流会迅速减小, 对应的定子电流也会下降, 且下降的幅度越来越大. 为了充分利用起动过程中限流的空间, 在保证定子电流不超过限定值的前提下, 如果想使电机获得最大转矩, 从而尽可能快地完成起动过程, 可以设定递增步长 $\Delta\alpha$. (4) 移相跳变阶段. 在接近同步转速的一个合适时刻, 把控制角一次推至预先设定的最小控制角 α_{min} (该最小控制角与电机的功率因数有关), 使电机处于全压运行状态, 完成起动过程.

4 试验结果

图 9 为异步电动机直接起动过程的电流波形, 图中 N 为采样点, n 为电流幅值比. 从图 9 中可以看出, 该异步电动机直接起动时, 电流大约为稳态电流的 9 倍. 异步电动机在使用了所设计的软起动器情况下, 其起动过程的电流波形, 如图 10 所示. 从图 10 中可看出, 起动电流的幅值大约为稳定电流的 4 倍. 为了更好地比较异步电动机直接起动和采用软起动时的起动电流倍数, 试验中测出了电动机起动完

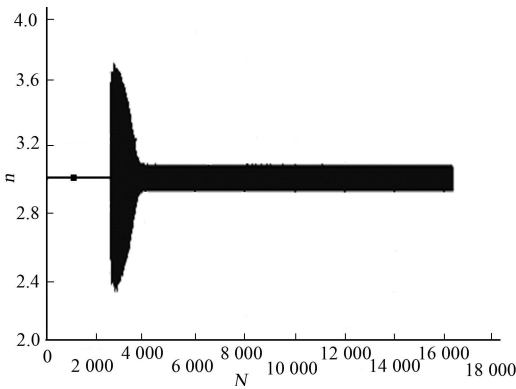


图 9 直接起动过程的电流波形

Fig. 9 The experimental current curve under direct starting

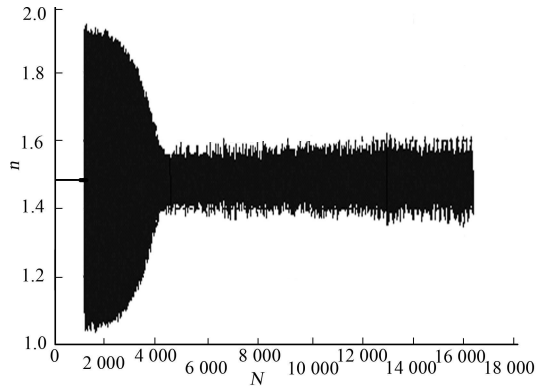


图 10 软起动过程的电流波形

Fig. 10 The experimental current curve under soft starting

成之后达到稳态时的电流 I 为 2 A, 电动机的额定电流 I_N 为 2.7 A. 根据所测的结果, 可计算出直接起动与软起动过程的起动电流倍数分别为 6.66 和 2.96. 试验结果表明, 所设计的软起动器系统效果良好, 起动过程平稳, 无冲击和振荡, 起动电流相比较于直接起动时大大降低了.

5 结束语

本文提出了一种以 80C196KC 单片机为核心的软起动系统, 充分利用高速输出单元 HSO 的特点和功能形成晶闸管角发脉冲. 系统软、硬件均十分简单, 占用 CPU 时间极短, 且工作可靠、触发精度高, 可作为一种通用数字触发器用于可控整流、逆变等各种电力电子装置中.

参考文献:

[1] 陈翔宇, 江 和. 浅析异步电机电子软起动器的现状和展望[J]. 电气开关, 2003, (6): 31-33.
[2] 王兆安, 黄 俊. 电力电子变流技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 112
[3] 刘复华. 8XC196KC 单片机及其应用系统设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001: 1-3.
[4] 孙涵芳. Intel 16 位单片机[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995: 45-49.
[5] 延汇文, 邱阿瑞, 王同勋. 基于 Intel 196 的感应电动机软起动器[J]. 电子技术应用, 2002, (1): 23-25
[6] 彭 冲, 宋建成, 崔文强. 单片机在三相异步电动机的保护与软起动控制系统中的应用[J]. 电工技术杂志, 1999, (5): 21-22.

Soft Starter for Asynchronous Motor Based on Single Chip

DAI Yin-yin, FANG Ru-ming

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: A soft starter based on 80C196KC single chip for asynchronous motor is presented in this paper. The hardware circuit configuration, the single chip computer control system configuration, software realization diagrams and experimental results are also given. Using asynchronous motor of the soft starter, the starting current is four times greater than the stable current, but this value is nine times with direct starting. The starting currents are 6.66 and 2.96 times in direct starting and soft starting respectively, from motor starting to the stable. The results show that the proposed system can effectively decrease the stator starting current and start smoothly without impulse and oscillation.

Keywords: asynchronous motor; soft starter; single chip; thyristor

(责任编辑: 黄仲一)