

基于 P89V51RD2 单片机的 TPAM 软启动装置的研究

俞斌

(湖南工学院, 湖南 衡阳 421008)

摘要: 文中针对 TPAM 传统启动方式启动电流大、启动时间长等缺陷, 研究了基于电力电子技术的 TPAM 软启动技术, 提出以 P89V51RD2 为核心的软启动装置的设计方案。该软启动装置采用晶闸管调压方式, 通过改变晶闸管的触发角来实现对 TPAM 定子两端电压调节, 从而实现了 TPAM 的软启动。

关键词: TPAM; 软启动; 单片机

Research on the Soft Starter for TPAM Based on P89V51RD2 SCM

Yu Bin

(Hunan Institute of Technology, Hengyang 421008,China)

Abstract: To solve the problem of traditional start defect such as high start current and long start time, the soft starter for TPAM based on power electronics technology has been researched and a design project for the soft starter based on P89V51RD2 has been presented in this paper. A voltage adjusting model with SCR is used in this soft starter. By regulating the amplitude of asynchronous motor's voltage, the torque-control start and so on.

Keywords: TPAM; Soft start; SCM

中图分类号: TM343

文献标识码: A

0 引言

随着当今社会的飞速发展, 现代科技的日新月异, 智能控制系统得到了越来越广泛的应用, 如: 生产作业自动化、各种遥控调度系统等等。这也提出了更多要求, 如对电网的波动性, 执行机构的智能配套等, 都要求越来越严格。作为重要的驱动执行机构的电动机来说, 其调速和控制技术也越来越受到人们的重视, 尤其 TPAM (Three-Phase Asynchronous Motor) 作为应用最广泛的电动机, 约占电动机总数的 70%。根据统计, 通用 TPAM 每年的耗电量约为全球总发电量的 50%, 其启动电流高达额定电流的 5~10 倍, 故大中型 TPAM 在直接启动时会产生很大的冲击电流, 不但对 TPAM 及所拖动的设备造成电气和机械的损伤, 而且会造成电网电压下降, 影响电网其它电气设备的正常运行。因此, 对 TPAM 实行软启动是非常必要的, 本文介绍的就是对 TPAM 软启动装置的研究。

1 TPAM 软启动装置的硬件设计

本系统是通过 P89V51RD2 单片机作为主控芯片, 晶闸管作为主要开关器件来实现的。软启动装置硬件结构如图 1 所示, 主要包括主电路和控制电路两部分。

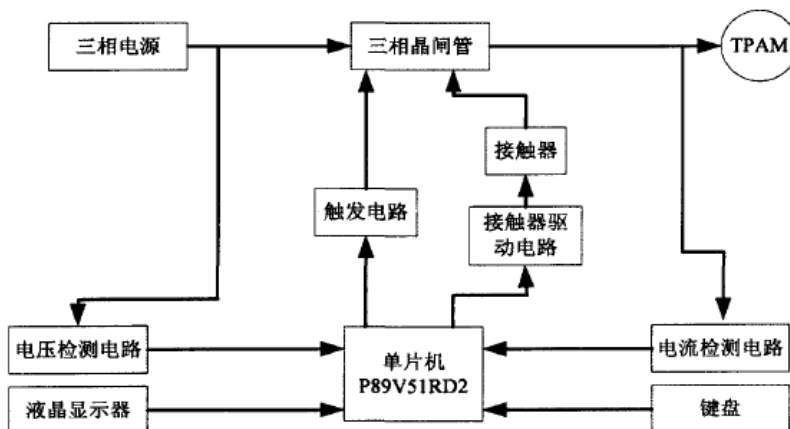


图 1 软启动装置硬件框图

主电路包括由晶闸管组成的晶闸管交流调压电路、接触器、电源, TPAM 等。通过控制反并联的晶闸管的导通角实现改变加载在 TPAM 两端的电压, 从而实现软启动。其中晶闸管的容量要根据所控制的 TPAM 容量来选择, 不同容量的 TPAM 所用晶闸管的容量也不同, 但电路结构是相同的。而接触器的主要作用是在软启动过程完成以后, 把反并联的晶闸管从三相电源中旁路; 在需要软停车时, 再把软启动装置接入到 TPAM 回路中, 完成软停车。

控制电路包括单片机控制电路、触发驱动电路、检测电路、键盘显示电路等。控制电路与所控制的 TPAM 容量无关, 可设计成通用型的, TPAM 软启动装置能实现的功能及能达到的性能指标, 完全取决于控制单元电路结构和相应控制算法。需要检测的物理量有电压、电流、转速、功率因数等信息, 这些信息需送入 CPU 进行处理, 以形成对晶闸管的控制信号。图 1 各部分功能简述如下:

(1) 电压检测: 在电压检测回路中, 实现两个功能。其一是同步信号的检测功能, 采样三相电压的过零时刻, 它作为晶闸管脉冲触发信号的同步信号; 其二是将三相电源电压信号通过变压器降压后转变成直流信号, 再经 A/D 转换后作为故障检测、过压和欠压保护、电压显示等的依据。

(2) 电流检测: 通过电流互感器检测 TPAM 的三相电流, 将电流信息送入 P89VS1RD2 中, 作为过流保护、电流显示等的依据。另一方面同样检测电流的相位信号。

(3) 晶闸管触发电路: 利用 P89VS1RD2 给出的控制信号, 经由触发芯片 TC787 组成的触发电路后送出一定脉宽的脉冲信号驱动晶闸管的导通, 并通过控制导通角来改变加载在 TPAM 两端的电压大小。

(4) 主控芯片 P89VS1RD2: 是系统控制的核心单元, 主要负责对检测信号的处理, 移相范围的调节, 给出晶闸管和接触器的驱动信号, 输出控制等功能。

(5) 键盘显示: 键盘部分可预置启动、停车方式和各参数的预先设置和修改, 显示部分可显示多种软启动参数和各种故障信息。

### 1.1 P89VS1RD2 简介

P89VS1RD2 是一款 8 位 80C51 单片机的派生产品。它在完全保留 80C51 指令系统和硬件界构的大框架外, 作了很多的加强和扩展。其将原有的对外部数据和程序存储器的 16 位寻址机制加以应用, 把片上的 RAM 扩展到 1024 字节, 片上 Flash EPROM 扩展到 64kB, 满足本系统中用 C 语言编程对片上大存储器容量的需要。P89V51 RD2 的典型特性是它的 X2 方式选项。利用该特性, 设计者可使应用程序以传统的 80C51 时钟频率 (每个机器周期包含 12 个时钟) 或 X2 方式 (每个机器周期包含 6 个时钟) 的时钟频率运行, 选择 X2 方式可在相同时钟频率下获得 2 倍的速度。这样可将时钟频率减半并保持特性不变。

采用 Flash 程序存储器, 可支持并行和串行在系统编程 (ISP), ISP 允许 CPU 不离开系统, 在软件控制下对成品中的器件进行重复编程, 使调试变得方便。这也是本系统选用该芯片的一个重要原因。P89V51RD2 也可采用在运行中编程 (IAP), 允许随时对 Flash 程序存储器重新配置, 即使应用程序正在运行时也不例外。这很适合系统中的不停机修改。

### 1.2 晶闸管参数选择

输入电路中如何选择合适的晶闸管对于软启动装置系统能否安全工作、性价比高低有很大的联系。本系统对晶闸管的选择主要从以下两个方面考虑:

#### (1) 晶闸管的电流选择

交流电路中, 晶闸管通态时额定电流是指有效值电流。例如对于 3KW 的 TPAM, 启动电流可以高达额定电流的 5~10 倍, 当仅取 5 倍的安全裕量后, 晶闸管通态电流为:

$$I_M = 5 \times I_N = 5 \times 4.56 = 23A。$$

(2) 晶闸管的电压选择

精确设计晶闸管的耐压值比较困难，这是因为它不仅和电路的接法有关，同时还与 TPAM 的容量、激励电流等数值有关。一般在考虑有过电压吸收电路的情况下，在选用晶闸管时应使其额定电压为正常工作电压峰值的 2~3 倍，即  $U_M = (2 \sim 3)U_N = (2 \sim 3) \times \sqrt{2} \times 380 = (1075 \sim 1612)V$ 。其中  $U_M$  为晶闸管额定电压， $U_N$  为系统正常工作线电压即 380V。

在选择晶闸管时仅加大安全裕量还是不够的。为了使晶闸管能正常工作而不受损坏，还必须对过电压、过电流，过高的电流引起的器件或电机温升等进行适当的保护或抑制。本系统中根据市场情况采用的晶闸管是 Semikron 公司生产的 SKKT 250/18E 型号的晶闸管，其额定电压 1800V，通态平均电流为 250A，能充分满足要求。

2 控制电路设计

软启动装置作为一种交流调压装置，其核心是微机控制电路。该部分的主要功能就是对各种信号进行数学运算和逻辑判断等处理，控制调压系统各部分协调工作。本软启动装置的控制电路主要包括单片机控制电路、同步电路、触发电路、驱动电路、检测电路、键盘显示电路等。下面分别介绍主要部分电路的设计。

2.1 单片机控制电路设计

P89V51RD2 单片机控制电路框图如图 2 所示，其中 P0.7 作为晶闸管触发脉冲控制命令输出，系统正常运行时，输出低电平，通过光耦隔离后连接到触发芯片 TC787 的 Pi 引脚，释放脉冲。单片机通过 D/A 转换后送晶闸管的触发控制电路，通过定时调节 D/A 转换的数字量，输出一定的电压到触发芯片 TC787 的 Vr 引脚，触发器根据此值大小控制晶闸管的导通角，使晶闸管的导通角从设定的初始值开始按一定速率增大，实现晶闸管的移相控制，并通过对启动电流的采样值和限定值进行比较和修正，直到晶闸管全部开通，投入正常运行。其中 D/A 转换采用串行 D/A 转换芯片 TLC5615 实现。

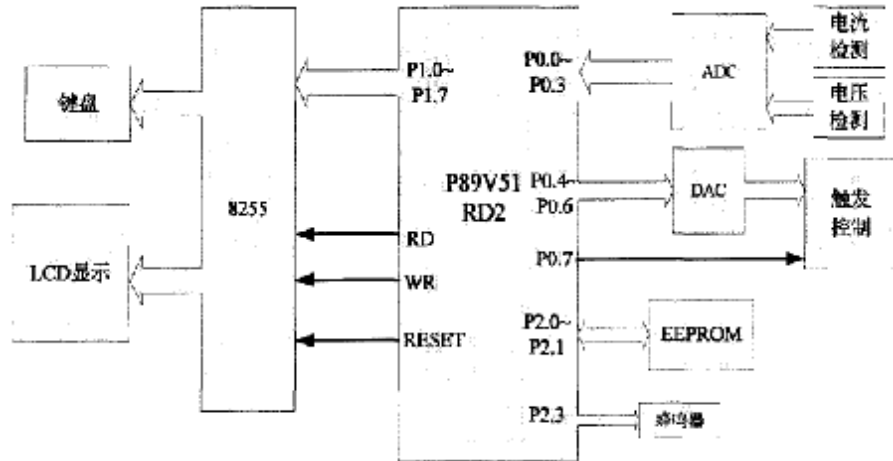


图 2 单片机控制电路框图

P2.0 和 P2.1 用于连接串行 EEPROM 存储器 AT24C02，用于设定参数的保存以及存储故障信息。键盘和显示部分利用单片机的扩展外部设备 8255 连接。其中显示电路由 LCD 液晶模块完成，液晶模块用于显示参数的设定、运行监控及故障查询。键盘由 8 个按键组成，实现人机对话，参数设定和修改。图中蜂鸣器用于故障报警。当故障发生时，LCD 显示器上显示故障类型及相应的参数大小且蜂鸣器报警。A/D 转换电路由 TLC2543 芯片一实现，用于采样电流、电压的输入。

## 2.2 同步电路设计

TC787 需要三相同步变压器提供同步信号，在系统中必须设置同步电路，以使三相交流调压器主电路各个晶闸管的触发脉冲与其阳极电源保持严格的同步相位关系。系统中，对于晶闸管导通进行控制的同步信号来自 3 个同步变压器的输出。同步变压器输出的信号经过光电隔离及功率驱动后送入 P89VS1RD2，由 P89VS1RD2 检测同步信号状态，以保证 P89VS1RD2 控制晶闸管触发脉冲相位时使其能与主电路电压相位精确可调。同时，由三相电源经同步变压器后输出的电压信号 ( $U_{A'}$ ,  $U_{B'}$ ,  $U_{C'}$ ) 通过电阻电容组成的限流移相网络移相 30 度后，再经过光耦驱动后送到晶闸管集成触发芯片 TC787 的 1、2 及 18 号引脚，即同步电压输入脚，该系统采用 TLP250 光耦进行隔离驱动。同步电路如图 3 所示。

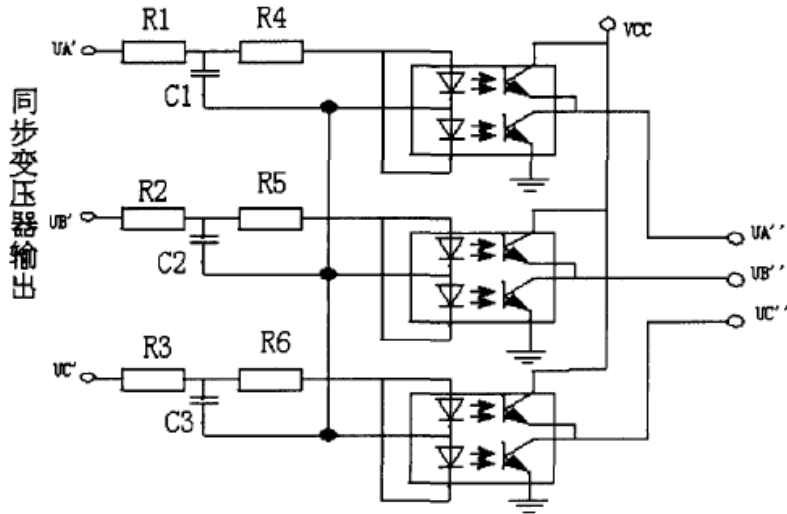


图 3 电压同步信号产生电路

## 2.3 数模转换电路设计

为了使单片机能专门从事监控和提高系统的可靠性，该系统采用具有优越性能的 TC787 芯片实现脉冲形成功能。而 TC787 需要一个直流控制电压，因而，必须设计数模转换电路。本系统采用串行数模转换器 TLC5615 产生可变基准直流电压。其数模转换电路如图 4 所示。

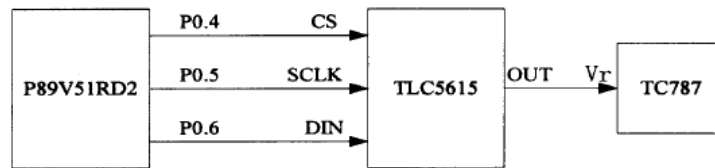


图 4 D/A 转换电路

## 2.4 电流检测电路

电流检测为控制电路提供一个与主电路工作电流大小成比例的取样值，一是为限电流启动提供反馈信号；二是为过电流保护、缺相保护、过载保护等提供反馈信号；三是用于运行状态的指示。本系统的电流反馈信号取自 TPAM 的定子侧。A 相电流检测电路见图 5 所示，采用电流互感器检测三相定子电流的大小，电流互感器的输出  $I_{A'}$ ,  $I_{B'}$ ,  $I_{C'}$  经过全桥整流、滤波和分压后获得一个直流电压信号，实际处理与电压检测类似，将此信号作为电流反馈输入到 A/D 电路，经过 A/D 转换后送入到 P89VS1RD2 中。

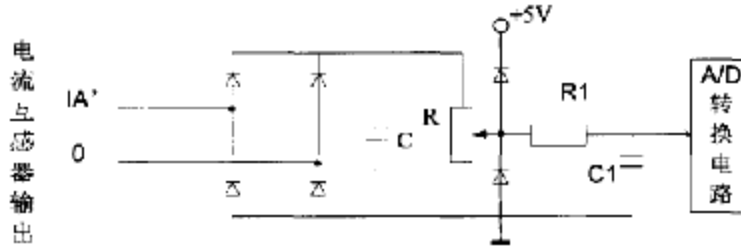


图 5 A 相电流检测电路

### 3 TPAM 软启动装置的主程序设计

系统主程序流程图如图 6 所示。该软启动系统的主程序主要包括以下三个主要部分：系统的初始化，键盘和显示以及运行部分。

系统初始化程序主要完成系统的初始化和自检。初始化工作包括对单片机的输入输出口，单片机内部定时器，特殊寄存器，中断系统，还有对外围器件 8255 的初始化。为了保证系统的正常和安全运行，希望对于一些可能的系统故障尽量在系统运行前就发现并及时进行处理，因此在主程序的初始化后进行系统的初始自检功能是很重要的。系统初始自检程序内容：对系统刚上电后的状态当时所处的电压、电流、温度等参量进行 A/D 检测并处理。检测流程是：最先从输出电压检测信号得到的线电压值过高(大于 420V)或过低(低于 340V)就进入保护电路中的过压或欠压故障处理；电压检测通过后接着进行电流检测，若从电流检测电路得到了一定的值，则认为系统的管子击穿。因为刚上电时软启动系统没有触发信号，晶闸管处于关断状态，因而不会有电流值，所以只有在管子击穿时才会有电流。进入系统击穿故障处理：显示击穿故障。电压和电流检测通过后进行温升检测。三种初始检测都通过了才能进入下面初始参数设置程序。

系统运行部分设计内容包括：判断是否要求启动（判断启动键是否有效），启动处理（按下启动键，进入软启动程序），判断启动是否完毕，稳定运行（退出软启动，仅进行键盘扫描操作），判断系统稳定运行时是否要求停机（判断停机键是否有效），停机处理（按下停机键，进入停机子程序），进入下一循环。

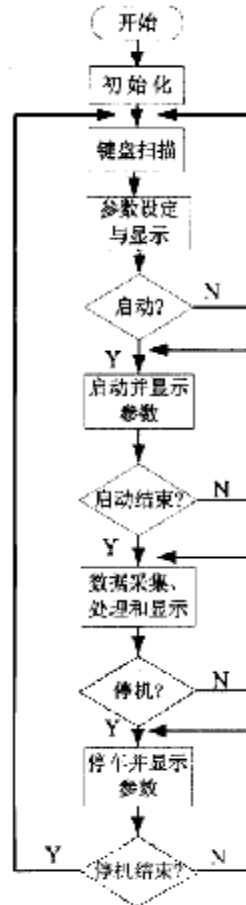


图 6 系统主程序流程图

#### 4 系统仿真

为了验证所设计的软启动装置是否符合设计要求，下面应用 Simulink 中搭建 TPAM 软启动系统的仿真模型，如图 7 所示。它主要由三相交流电压源、三相交流调压、TPAM 测量、电流反馈和启动控制等环节封装模块组成。该模型可用于斜坡启动、限流启动以及转矩控制启动等控制方式的仿真。

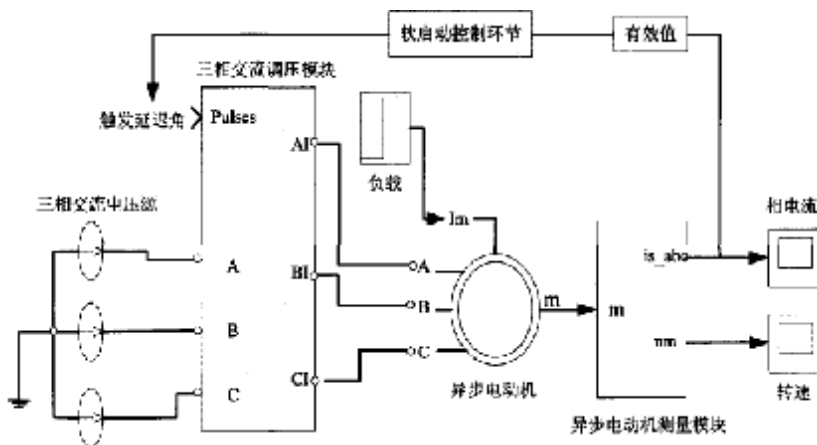


图 7 TPAM 软启动系统仿真模型

本章使用 MATLAB Simulink 分别建立 TPAM 全压启动及软启动的仿真模型，并对其进



行了仿真试验。从仿真结果上看,软启动相对全压启动具有启动电流小等特点,验证了该文设计的软启动控制策略的正确性。

参考文献:

- [1] 任致程.电动机电子保护器与软起动器应用指南[M].北京:机械工业出版社, 2004
- [2] 高越农.电动机软起动学科[J].电气传动自动化, 2005.1
- [3] 王淑红, 朱玉红.三相异步电动机的软起动控制系统[J].机床电器, 2000.4
- [4] 王晓光.软起动器及其应用设计和调试[J].机床电器, 2004. 1

**作者简介:** 俞斌(1979-), 男, 江苏扬州人, 讲师, 主要研究方向: 信息处理和DSP。

EMAIL: [gliet\\_99021626@163.com](mailto:gliet_99021626@163.com)

联系电话: 0734-7134306/13975433788

通信地址: 湖南省衡阳市雷公塘14#电气与信息工程系

邮政编码: 421008