

文章编号: 100226819(2001)0520163204

开关型磁阻电机调速系统(SRD)微机控制的实现

赵立新¹, 丁筱玲¹, 王凤荣², 王计元¹

(1. 山东农业大学; 2 泰安缫丝厂)

摘要: 提出了一种新型开关磁阻电动机驱动系统的微机控制技术。该技术兼有异步电动机变频调速系统和直流电动机调速系统的优点, 运用它可对大小功率各类电动机实现高可靠性的平滑调速。简单介绍了各组成部分的工作原理、控制系统的硬件实现方法和软件流程。由于该系统以 8098 单片机为控制核心, 结构简单, 控制灵活, 并有故障诊断和保护功能, 且整机调速精度高, 动态响应速度快; 因此, 是一种具有很强竞争力的变速驱动系统。

关键词: 开关型磁阻电机调速系统; 磁阻电动机; 微机控制; 驱动系统

中图分类号: TM 352; O 441. 3 **文献标识码:** A

开关型磁阻电动机调速系统(SRD)是 20 世纪 80 年代中期发展起来的新型交流调速系统, 它融新的电动机结构——开关型磁阻电动机(SRM)与现代电力电子技术、控制技术为一体, 兼有异步电动机变频调速系统和直流电动机调速系统的优点, 被认为是一种具有很强竞争力的变速驱动系统, 而以单片微型计算机为核心的 SRM 控制系统的设计更是目前被广泛采用的变速驱动方式之一。

1 SRD 系统

1.1 SRD 系统的基本构成

开关型磁阻电动机调速系统(SRD)主要由 SR 电动机(SRM)、功率变换器、控制器、位置检测器 4 大部分组成, 如图 1 所示。

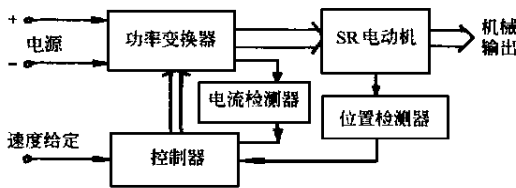


图 1 SRD 基本构成

Fig 1 Basic structure of SRD

本系统中, SRM 采用的是四相(8ö6)SR 电动机, 其结构原理图如图 2 所示。为简单起见, 图中只画出 A 相绕组及其供电电路。

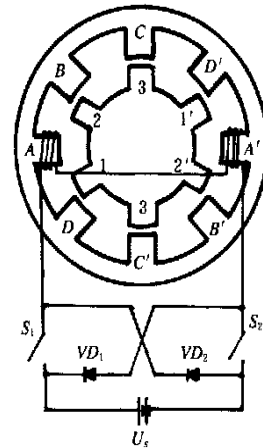


图 2 四相 SRM 的结构

Fig 2 The structure of SRM with four phase corners

功率变换器则采用四相 SRM 一种常见的功率变换器, 其主电路结构型式如图 3 所示。图中, A、B、C、D 为电动机相绕组, $S_a \sim S_d$ 为各对应相的主开关器件, $VD_a \sim VD_d$ 为对应的续流二极管。

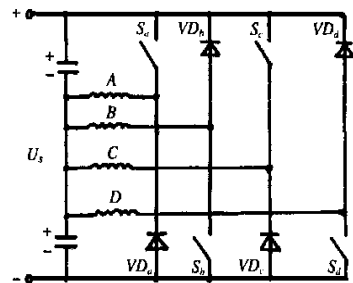


图 3 四相 SRM 功率变换器主电路

Fig 3 The principal circuit of power changed instrument for four phase SRM

收稿日期: 2001204203

作者简介: 赵立新, 男(1963-), 硕士, 副教授, 泰安 山东农业大学机电工程学院, 271018; 主要研究方向为机电一体化及系统自动控制

1.2 SRD 系统的工作原理

1.2.1 SRM 控制原理

SRM 是 SRD 中实现机电能量转换的部件,其结构与步进电动机相似,运行原理亦遵循“磁阻最小原理”——磁通总要沿着磁阻最小的路径闭合,而具有一定形状的铁芯在移动到最小磁阻位置时,必使自己的主轴线与磁场的轴线重合。图 2 中,当定子 D—D 极励磁时,所产生的磁力则力图使转子旋转到转子极轴线 1—1 与定子极轴线 D—D 重合的位置,并使 D 相励磁绕组的电感最大。若以图中定子、转子所处的相对位置作为起始位置,则依次给 D A B C 相绕组通电,转子即会逆着励磁顺序以逆时针方向连续旋转;反之,若依次给 B A D C 相通电,则电动机即会沿顺时针方向转动。可见,SRM 的转向与相绕组的电流方向无关,而仅取决于相绕组通电的顺序。另外,从图 2 可以看出,当主开关器件 S_1, S_2 导通时, A 相绕组从直流电源 U_s 吸收电能,而 S_1, S_2 关断时,绕组电流经续流二极管 VD_1, VD_2 继续流通,并回馈给电源 U_s 。因此,SRM 传动具有再生作用,系统效率高。

由于 SRM 的转矩是由磁路选择最小磁阻结构的趋势而产生的,根据有关知识,适当的饱和有利于提高 SRD 的总体性能。由于电动机磁路的非线性,SRM 的转矩可根据磁共能来计算,即

$$T(H, i) = \frac{\partial W(H, i)}{\partial H} \quad (1)$$

式中 H ——转子位置角; i ——绕组电流。

显然,磁共能 $W(H, i)$ 的改变既取决于转子位置,亦取决于绕组电流的瞬时值。在对 SRM 性能作定性分析时,为避免繁琐的数学推导,不妨忽略磁路饱和及边缘效应,假定电感同电流无关。这时,一对定子极下电感随转子位置角的变化曲线如图 4a 所示。电感变化的周期数正比于转子的极对数,该周期的长度为转子极距。

基于图 4a 的简化线性模型,式(1)可化简为式(2),即

$$T(H, i) = \frac{1}{2} i^2 \frac{\partial L}{\partial H} = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{dH} \quad (2)$$

由式(2),相绕组在恒定电流 i 作用下,产生的对应转矩如图 4b 所示。由此可见,SRM 的转矩方向不受电流方向的影响,仅取决于电感随转角的变化;若 $dL/dH > 0$,相绕组有电流流过,产生电动转矩;若 $dL/dH < 0$,流过电流,则产生制动力矩。因此,通

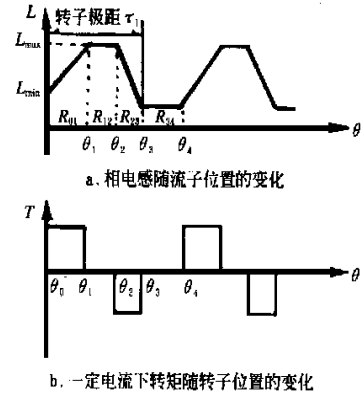


图 4 相电感、转矩随转子位置的变化

Fig 4 The changes of phase electrical reaction and torque following the place

过控制加到 SRM 绕组中电流脉冲的幅值、宽度及其与转子的相对位置,即可控制 SRM 转矩的大小与方向,这就是 SRM 调速控制的基本原理。

1.2.2 功率变换器原理

功率变换器向 SRM 提供运转所需的能量,由蓄电池或交流电整流后得到的直流电供电。由于 SRM 绕组电流是单向的,使得其功率变换器主电路不仅简单,而且具有普通交流及无刷直流驱动系统所没有的优点,即相绕组与主开关器件是串联的,因而可预防短路故障。

1.2.3 控制器原理

控制器以 8098 单片机为核心。CPU 综合外部输入给定、位置检测器、电流检测器检测到的电动机转子位置、速度和电流等反馈信号,通过分析和计算,按照控制策略,向功率变换器发出执行命令,完成对电机的电流斩波控制(简称 CCC 方式)、角度位置控制(APC 方式)、四象限运行、保护功能等控制以及状态显示,从而实现 SRM 的高性能控制。

2 微控系统的硬件结构

8098 单片机具有丰富的内部资源,其运算速度快,实时处理能力强,性能价格比高,这些特点都为 SRM 的高性能控制提供了保证。这里提出的以 8098 单片机为核心构成的 SRM 控制器硬件结构框图如图 5 所示。

该硬件设计中,充分考虑了 8098 单片机的内部资源。HSI 用来检测位置信号;HSO 用以输出相控信号;A/D 转换器则用来完成速度给定信号和检测绕组电流信号;PWM 构成的 D/A 转换器输出电流斩波控制时的电流给定信号。在此基础上,扩展一片

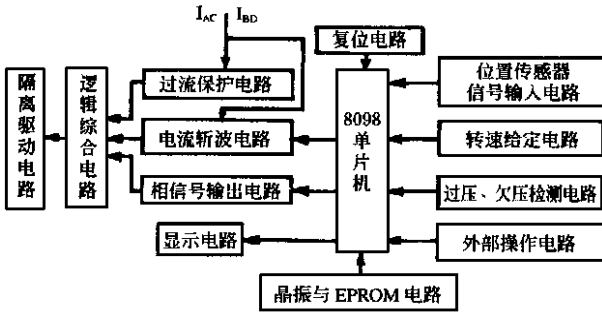


图 5 SRD 微控系统结构框图

Fig 5 Frame of SRD microcomputer control system 8255 芯片提供 5 个 4 位输入口, 1 个 4 位输出口, 实现状态设定和外部给定信号的读入。显示电路采用 8098 串行口驱动 4 位 LED 数码管显示。

2.1 位置及速度检测

采用位置检测器是 SRM 工作的一大特点。它由中间开槽的光电传感元件及与 SRM 转子同轴安装、30 间隔的 6 齿槽转盘构成。两个位置检测器相距 15 安装, 经过位置传感器输入电路处理, 输出两路相位差 15 的方波信号。HSI 0 和 HSI 1 分别检测这两路信号。在程序中, 位置信号的上、下跳变均引起 HSI 中断, 即每隔 15 产生一次中断, 采用测周法可以计算出电机运行的实际转速。

2.2 电流检测与斩波电路

为实现电流斩波控制与过流保护, 必须对绕组中的电流进行检测。本系统采用零磁通霍尔元件电流传感器, 恒流源输出, 本身具有强弱电隔离功能, 其测量精度高, 线性度好, 频带宽, 是目前广泛采用的方案。电流斩波控制采用硬件方法实现, 其电路如图 6 所示。实际电流 i 与给定电流 I 比较, 当 $i > I$ 时, 比较器输出翻转信号, 使单稳态触发器输出一个宽度为 t 的脉冲, 强迫相应侧的主开关关断 t 时间, 从而使相电流得到控制。给定电流 I 由 8098 单片机的 D/A 转换口提供。

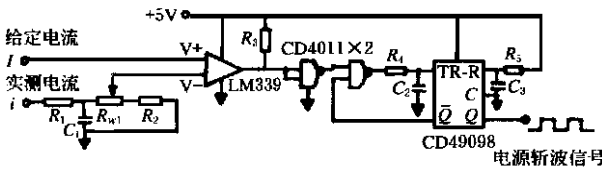


图 6 低速斩波工作电路

Fig 6 Circuit of wave chopping at low speed

3 微控系统的软件设计

SRD 系统的控制软件完成对输入给定信号、位

置信号以及当前运行状态的检测, 经过软件调节器的运算和处理, 输出电流控制信号和相角控制信号, 从而实现转速闭环控制和电机四象限运行; 同时实施一些故障的检测和保护。它由主程序和 HSI 中断子程序构成。其程序框图如图 7 所示。

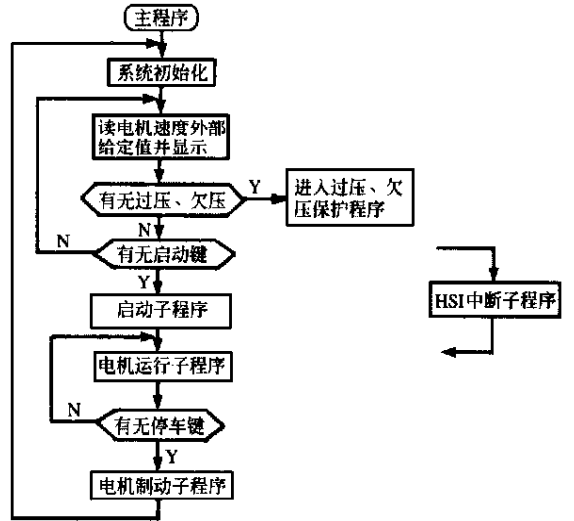


图 7 控制软件程序框图

Fig 7 Flow chart of the control software

SRM 的角度位置控制由单片机的 HSI 和 HSO 口共同完成。HSI 监测位置变化及两次跳变的时间间隔, HSO 输出相控制信号, HSO. 0—HSO. 3 分别控制 A、B、C、D 四相, 用前次电机运行 15 所用的时间为基准来控制后续相的角度, 能够得到较好的角度控制精度。这种软件的实现方法省去了以往控制中所需的锁相倍频及计数电路, 简化了硬件电路。

设电机转过 15 所用的时间为 $\$N$, 控制角度为 H 则 HSO 的时间寄存器的控制值 $HSON$ 可由下式计算。

$$HSON = \frac{H \times \$N}{15}$$

4 结 语

该 SRD 微控系统以 8098 单片机为控制核心, 结构简单, 可灵活地实现电机电流斩波控制方案和角度位置控制方案, 并有故障诊断与保护功能。对大、中、小功率各类电动机, 该系统均适用; 而且整机调速精度高, 动态响应速度快, 在 50~ 2 000 r/min 范围内实现平滑调速, 可靠性高; 至于该速度范围之外的调速精度, 目前略有偏差, 但随着现代电子技术的迅猛发展, 相信在不久的将来, 该系统高可靠性的平滑调速范围将进一步拓宽, 以至满足所有可能的

调速需求。

[参 考 文 献]

- [1] 王宏华 开关型磁阻电动机调速控制技术[M] 北京: 机械工业出版社, 1995 78~ 96
- [2] Lawtenson P J, et al Variable speed switched reluctance motors[J] IEEE Proc, 1980 134~ 151
- [3] 邱亦慧 无位置传感器开关磁阻电机的无反转起动研究[J] 电工技术学报, 2001(2): 18~ 22
- [4] 刘先昆 一种基于单片机系统的DMA 控制电路的模块化设计方案[J] 电子技术应用 2001(2): 25~ 27

Realization of Microcomputer Control of Switched Reluctance Drive (SRD) System

Zhao Lixin¹, Ding Xiaoling¹, Wang Fengrong², Wang Jiyuan¹

(1. Mechanical & Electronic Engineering College, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 2. Tai'an Silk Reeling Factory, Tai'an 271000, China)

Abstract: One new microcomputer control technique used on switched reluctance motor driving system is put forward. The technique has speed-adjusted advantages of both frequency-changed asynchronous motor and direct current motor. Using it we can adjust the speed for all of the different power motors in high-dependence and level-smooth methods. The principle of operation of every part and the methods of hardware design and software flow about the control system are simply introduced in this paper. The controlling core of the system is a single-chip computer of 8098, it has simple structure, nimble-controlling hitch-diagnosed and protection strong points. The whole system speed can be adjusted at a high accuracy, and it has a rapid move-state response, so not only at present but also in the future, the system will be a very strong speed-adjusted driving system.

Key words: SRD; switched reluctance motor; micro computer control; drive system.