力矩电机调速系统*

顾春雷　　陈　荣
(盐城工学院电气工程系,盐城,224003)

摘　要　介绍一种力矩电机调速系统,阐述了系统原理、构成,以及为提高系统性能所采取的一系列措施,所构成的系统已经投入实际运行。

关键词　力矩电机　调速　控制
分类号　TM359.6

生产过程中,有很多工艺环节对生产机械有具体的指标要求,如:转速精度、调速范围、抗扰能力、运行稳定度等。因此,调速技术已经广泛应用于诸多生产过程。目前,生产过程中使用的调速技术有:变频调速、变极调速、串极调速等,但这些调速技术主要是针对普通异步电机,应用在 N_{min}～N_{max} 之间进行调速(一般 N_{min} 至少每分钟几十转),当电机运行速度低于 N_{min} 时,如每分钟几转或十几转时,电机将产生爬行现象,系统所有的指标都不能满足。然而,有许多装置需要电机以极低的转速运行,甚至在堵转状态下运行,这时,我们就必需寻求新的调速方法或手段。力矩电机是一种可以长期处于堵转状态下运行的特种电机,可延长堵转转矩或具有特殊的运行转矩特性,已经在许多特殊场合获得应用。下面,我们根据实际工作体会,介绍一种交流力矩电机调速系统。

1　力矩电机原理与特性

普通异步电机的电磁转矩为

$$M_{em}=\frac{P_{em}}{\Omega_1}=\frac{m_1 p U_1^2 r_2'/s}{2\pi f_1[(r_1+\sigma_1 r_2'/s)^2+(x_{1\sigma}+\sigma_1\cdot x_{2\sigma}')^2]}$$

最大电磁转矩发生在

$$S_m=\frac{\sigma_1 r_2}{\sqrt{r_1^2+(x_{1\sigma}+\sigma_1 x_{2\sigma})^2}}\approx\frac{\sigma_1 r_2}{x_{1\sigma}+\sigma_1 x_{2\sigma}}$$

由于 $r_1<x_{1\sigma}$,$r_2<x_{2\sigma}$,$\sigma\approx1$,显然有 $S_m<1$,即普通异步电机的最大电磁转矩发生在 S-0～1 范围内的某点,一般是 S_m 在 0.12～0.2 的范围内,见图 1。式中 P_{em} 为电磁功率,Ω_1 为电机旋转角速度,

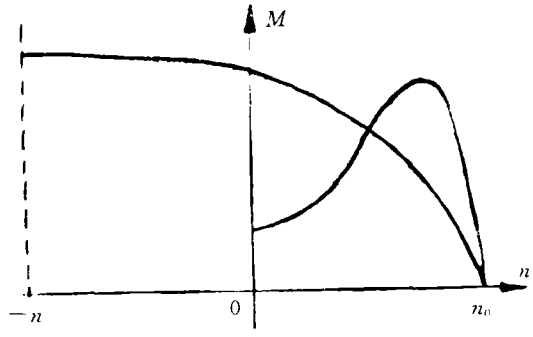

图 1　力矩电机与普通异步电机特性比较

m_1 为电机相数,p 为极数,U_1 为输入电压,S 为转差,f_1 为电源频率,σ_1 为校正系数,r_1、r_2' 为电机定转子等效电阻,$x_{1\sigma}$、$x_{2\sigma}'$ 为其等效漏感抗。而力矩电机与普通异步电机结构有所不同,其笼型转子用实体钢制成,使转子电阻值等于或略大于电机的漏抗值。即有 $\sigma_1\cdot r'_2\geqslant x_{1\sigma}+\sigma_1\cdot x'_{2\sigma}$,$S_m=\frac{\sigma_1\cdot r_2'}{\sqrt{r_1^2+(x_{1\sigma}+\sigma_1 x_{2\sigma}')}}\approx\frac{\sigma_1\cdot r_2'}{x_{1\sigma}+\sigma_1 x_{2\sigma}'}\geqslant1$,即力矩电机的最大电磁转矩发生在堵转状态或反转状态下。采用不同的转子导条材料,可以得到不同斜率的机械特性,其特性参见图 1 所示。正因为力矩电机具有这种特性,当负载增加时,电动机的转速能自动随之降低,用于卷绕时,张力基本保持不变。由于电机具有较大的阻抗,短路电流远比一般电动机为小,并且其最大转矩发生在堵转附近,可稳定运行的范围极为广阔,可以在近同步转速一直到堵转都能稳定运行。同时力矩电机的机械特性

* 收稿日期:1998－12－09

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

很软，较小的负载变化即能引起电动机转速相应的改变。由于正常情况下，力矩电机的运转速度较低，转子电阻高，损耗大，所产生的热量也大，因此，在电机端盖上都装有可独立运行的鼓风机，作强迫通风，给电机进行冷却。

2　力矩电机调速系统的构成

本系统是针对 LJ132-2.5/4 型力矩电机实施调速的，其参数为：极数 4，输出力矩 25NM，最大电流 9A，电压 280V，频率 50Hz，其目的是保证系统的拉力一定。根据需要构成调速系统如图 2 所示，图中 8031 将设定拉力 Fgd 与拉力传感器送来的反馈信号比较，经调节器调节输出一控制电压，该控制电压加到数字触发器 CF 上（在单片机内），单片机输出的脉冲经功放及隔离环节送至变流器，使变流器移相角发生变化，从而，调节了输出到电机的电压电流，使电磁转矩发生变化，从而保证输出拉力恒定。

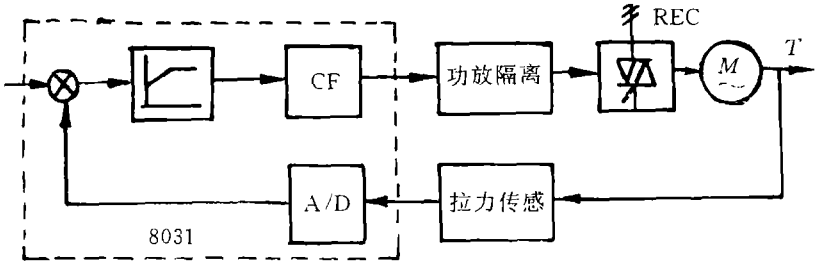

图 2　调速系统框图

图 2 中，变流器系由双向晶闸管构成的三相三线交流调压电路，该电路对负载联结无特殊要求，接线方便。并且，由于正负半周形状一样，数值相等，因而只有齐次谐波。又因三次谐波没有通路，所以谐波分量较低，对临近的电子设备干扰小，从而可不设置滤波器。由于主电路中变流器调压时，每相的双向晶闸管必需通过另一相构成回路，因此，和三相全控桥整流电路一样，触发脉冲必需是双脉冲或者是宽度大于 60°的宽脉冲，但必须在本相电压过零时脉冲结束，以防止双向晶闸管发生误触发。

3　控制精度的提高

为提高系统控制精度，系统采取以下措施：

(1)高精度采样输出拉力。拉力检测采用 LF 系列电阻应变式拉力传感器来实现。传感器将 0～30kg/cm² 的拉力转换成 0～5V 的直流电压信号，再经放大器放大成 0～15V 的电压信号供 AD574k 进行采样，将输出拉力转化为 12 位 2 进制数，经量化后，一个字对应 7g/cm²。放大的目的是提高系统采样的分辨率，以提高控制精度。

(2)系统的运算调节采用双字节整数进行运算。

(3)组成高分辨率的数字触发器，准确调节触发角。定时器 8253 采用零方式工作，对控制角 α 进行控制。若计数脉冲频率为 1MHz 时，控制角的分辨率 $\varphi=(360°/0.02)\times10^{-6}=0.018°$。这完全能满足控制要求。

(4)改进控制算法。采用 PI 调节器，将调节器的比例系数尽可能取较大数值，且当 $\triangle u_i$ 超过 $\triangle u_{max}$ 时，将超出部分积累起来，待一旦退出饱和，再立即输出这些积累量进行补偿，从而加快系统的动态过程（$\triangle u_i$ 为输出变化量）。

4　数字触发

为了减小脉冲变压器的体积，我们设计的系统中采用了宽度大于 60°的脉冲列触发。

与三相桥式整流电路不同，控制角 $\alpha=0°$ 为相应相电压正半周过零点，所以，触发电路的同步信号为该相的相电压。然而，经同步变压器输出的同步电压信号一般都要经过滤波电路，以滤除电网引入的脉冲及谐波干扰。为此，同步变压器须保证付边电压超前所对应的相电压一定角度、以补偿因加设滤波电路而引起的相移。

各相的同步电压经零检测电路，得到脉宽为 180°的方波电压。各相的方波电压经反相与原电压一起构成六路相差 60°，宽度为 180°的方波电压。这六路方波电压信号再与一固定的高频脉冲相与后，形成六路相差 60°，宽度为 180°的脉冲列。六路脉冲列分别送至两片 8253 的 6 个 CLK 脚，作为六个计数器的计数脉冲。计数器溢出中断时，由 8255 的 PB 口输出 03H、06H、0CH、18H、30H、21H 逻辑控制字，组合后作为输出脉冲的上升沿，参见图 3。此后，再由软件启动脉宽定时器，以确定脉冲宽度，定时器中断时，送 PB 口 00H 作为脉冲下降沿。硬件电路中，利用 8031 的 P1 口查

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

询中断位，以决定中断申请的通道，由此判定该向那一个晶闸管输送脉冲。为保证双向晶闸管不被误触发，在被触发的晶闸管对应相电压归零时，应封锁其触发脉冲，故在硬件上使输出脉冲在本相相电压归零时清除。

5　抗干扰措施

为提高系统运行的可靠性，在该系统中采取了以下抗干扰措施。

硬件方面：采用有静电屏蔽的变压器作为控制电源变压器，并在电源输入端设两级 LC 滤波网络。为防止计算机系统前后级间的影响，在每一片集成块的电源与地之间并联一只 0.47μF 的电容，以吸收集成电路工作时产生的脉冲干扰。系统的控制部分置于接地良好的金属箱体内，这可防止空间电磁脉冲对系统的影响。

软件方面：对拉力的采样采用中值滤波法，即连续四次采样，去除最大值和最小值，取两次中间值的平均值作为微机采样的真实数值。触发方式采用的是两只 8253 构成的计数触发方式，该法可以克服外来的干扰脉冲引起的误触发。当有干扰脉冲时，仅影响控制角数值，因此抗干扰能力较强。

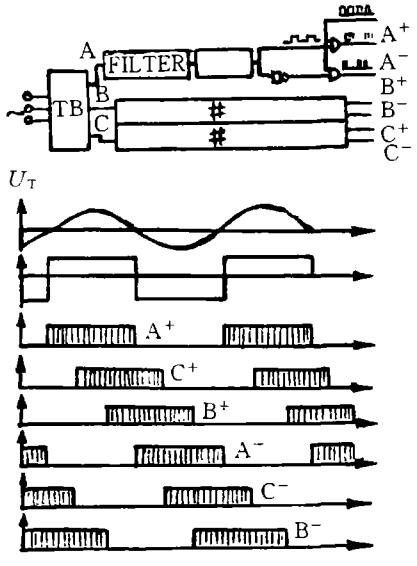

图 3　数字触发原理

此外，在软件设计中，还设置了软件定时监视器，其目的是防止程序因干扰而进入非程序区，造成系统运行不正常。只要程序运行时间超过设定时间，定时监视器便申请中断，迫使系统进入初始状态。

6　系统保护

为防止系统因故障而损坏设备，在每一相电源入线处都设置了电流检测环节，它可以监视主电路电流，一旦超过设定值，它便给出过电流信号；同时，如其在一周内平均值不为零，它便给出半波整流故障信号；这两个信号与电流缺相信号相加，送给控制器使系统停止运行。

过电流检测及缺相检测方法在许多资料中已有介绍，至于调压电路的半波整流故障检测可使用图 4 所示方法进行，被测电流信号经积分电路求出其平均值 u_1，再由绝对值电路求出其绝对值 u_2，而后将 u_2 与基准电压 u_R 比较。若出现半波整流故障，绝对值电路输出电压 u_2 大于基准电压 u_R，比较器 IC_1 输出低电平，u_O 电平为高，说明出现半波整流故障。反之，u_O 电平为低。为防止电路中因不完全平衡而出现的积分电路输出的漂移现象，在积分电路中输出端变联一只电子开关，该开关由分频器 IC_2 控制。同步电压 u_T 经脉冲整形输出 50Hz 的同步脉冲，再经分频器进行 4 分频，则每经 80ms 分频器将输出一脉冲信号，使电子开关导通，将积分电容放电，从而保证该检测电路的正常工作。

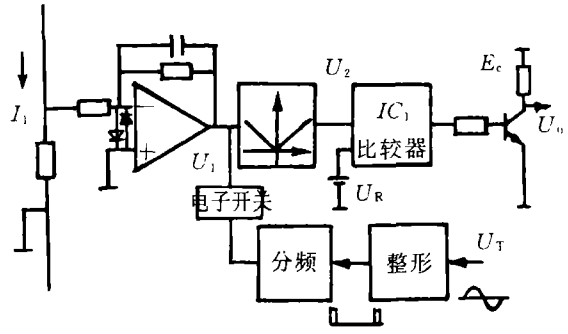

图 4　半波整流故障检测

7　实际运行

图 2 所示力矩电机调整系统已经在某印整机械的卷绕系统中投入使用，通过近半年的运行实践表明，系统工作正常，抗干扰能力强，控制精度高，性能好，拉力波动≤±20g/cm²。而且，系统能实现过电流、电源缺相及半波整流保护，满足实际使用要求。

（下转第 44 页）

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(I)稳定性。

(5)密立根轨道电子数分析,显示 AlX_3 和 TlX_3(X=H、F)之间 nS 电子数变化趋势不明,因而不能提供 6S 电子呈特殊惰性的计算证据。

(6)第6周期元素相对论效应对于化学有着重要影响,但没有迹象表明其 6S 电子的惰性,比其轻元素 S 电子更大,因此第六周期元素,没有特殊惰性电子对效应,也不宜用这个术语去标志重元素的低价的键合状况。

本文曾得到孟中岳教授的指导,深表谢意!

参 考 文 献

1 James,E·Huheey. Inorganic Chenistry. 1977
2 严成华. 相对论效应对第三过渡系元素的影响. 化学通报,1989(1):42
3 闵新民. 相对论理论及其在化学中的应用. 化学通报,1992(1):23
4 李继平. 用相对论效应解释第二周期性. 化学研究与应用,1996(4):582

Low Valenic and Periodic Trends in Heavy Element Chemistry

Zheng Qing[1] *Wang Yuqing*[2]

(1)Department of Ocean Engineering of Yancheng Institute of Technology, Yancheng, 224003, PRC
2)Departent of Chemical Engineering of YanCheng Institute of Technology, Yangcheng, 224003, PRC)

Abstract A theoretical study of Relativitic Effects and Electron Correlation Effects in Group 13 and Perioal 6 Hydrides and Halidiles.

Keywords Relativistic Effects; Electron Corralation Effects; Heavy Element; Reriod; Group; Hydildes; Halides

(上接第38页)

参 考 文 献

1 冯兆纯. 电机与控制. 北京:机械工业出版社,1980
2 陈荣. 可控硅的微机触发技术. 电工电能新技术,1995,(4)
3 何立民. 单片机应用系统设计. 北京:北航出版社,1990

Speed-Adjusting System of moment motor

Gu Chunlei *Chen Rong*

(Department of Electric Engineering of Yancheng Institute of Technology, Yancheng, 224003, PRC)

Abstract This paper introduces a speed-adjusting system of moment motor. The operational principle of the system, the constitution of it, and a series of measures taken for improving the performance of it are set forth. So formed unit has been put into practical use.

Keywords moment motor; speed—adjust; control

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net