

永磁无刷直流电机控制系统

洪南生 吴汉光

(福州大学 福州 350002)

The Control System of a Permanent Magnetic Brushless DC Motor

Hong N anshen Wu H anguang

(Fuzhou University, Fuzhou 350002)

【摘要】 设计了一种实用、低成本的稀土永磁同步电动机控制系统。该系统以8098单片机为核心实现电机的控制,根据该机本身的运行特点,研制了一种新型的转子位置传感器,极大地降低控制系统的成本,提高了系统运行可靠性。它是电机、电子技术和计算机三结合的机电一体化的系统。由于其结构简单,低成本,高可靠性,可望在工业拖动、工业控制领域获得广泛的应用。

【关键词】 永磁无刷直流电机 转子位置传感器 单片机控制系统

【Abstract】 This paper design a kind of control system for permanent magnetic DC motor with low cost and easily practical use. This system use the 8098 single chip micro-computer to implement electrical machine control. Depended on the principle of electrical machine, a new type rotor position sensor has been designed. This sensor significantly decrease the cost of electrical machine and its control system, and improve its reliability. It is electronic-machine system included electrical machine, electronic technique, and micro-computer system. Because of its simple construction, low cost, and high reliability, this system would be of its simple construction, low cost, and high reliability, this system would be found widely application in the field of industrial drive and control.

【Keywords】 permanent magnetic brushless DC motor rotor position sensor single chip micro-computer control system

1 前言

稀土永磁无刷直流电机以其体积小,重量轻,功率因数高,和高效节能而引起工业界的广泛重视。与异步电机相比,它存在起动问题,为解决这一

问题,可以采用在转子上装设鼠笼辅助起动,或采用频率可调的逆变器供电。前一种方法存在起动凹坑,牵入同步困难,易发生失步,且再同步能力弱。本文采用交-直-交电压型逆变器供电,从根本上消除起动问题和失步。该系统由交-直-交电压型逆变器,永磁电机和转子位置传感器构成。转子位置传感器的引入增加了成本,提高了运行维护费用。本文新设计了一种低成本,高可靠性的转子位置传感器,它制造安装和维护方便,可靠性高。实验证明:这种永磁电机及它的控制系统,高效节能,调速性能好,可以广泛地应用于各种拖动系统、调速系统及位置伺服系统。

2 运行原理

永磁无刷直流电机及它的控制系统的原理图见图1。图中的永磁电机采用埋入式切向磁钢结构,其转子结构见图4。

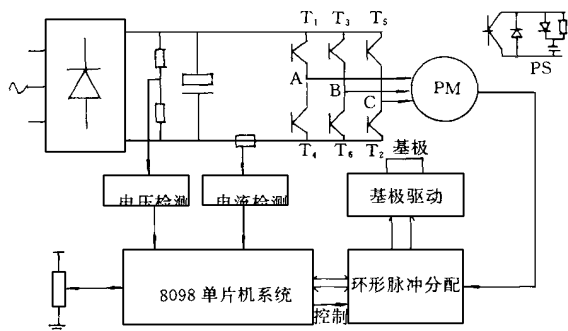


图1 永磁无刷直流电机及其控制系统原理图

该系统由整流器、直流平波电容、逆变器、稀土永磁电机、转子位置传感器构成。逆变器采用 GTR 组成, R_1 、 D_1 、 D_2 、 C_1 构成了尖峰电压吸收回路,电阻 R 用来敏感直流侧的过电流。由于采用逆变器供电,

本文1996年8月20日收到

福建省自然科学基金(青年基金)资助

转子上没有装设起动鼠笼。GTR 的触发顺序及频率受与电机转子机械上同轴的转子位置传感器控制。当电机的转子转过一对极时, 逆变器输出的交流频率就变化一周。如此循环往复, 电机就能正常运转。

永磁无刷直流电机具有交流电机的结构又有直流电机的特性。电机稳态运行时总是二相通电为三相六状态运行。转子每转过60电角度, 就有一次电流切换, 每相绕组通电120电角度。电机运行的原理图如图2。相电压波形如图3。在这种

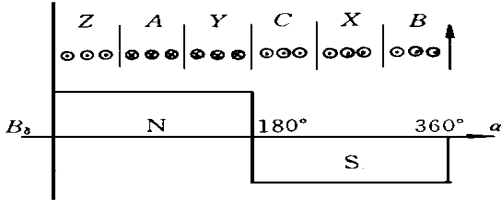


图2 永磁无刷直流电机运行原理图

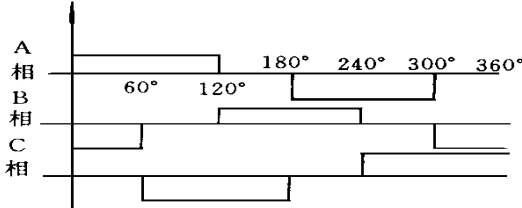


图3 相电压波形图

运行方式下, 逆变器的导通模式与各管子的导通状态见表1:

状态	1	2	3	4	5	6
A 相	T ₁	T ₁		T ₄	T ₄	
B 相		T ₆		T ₃		T ₆
C 相			T ₂	T ₂	T ₅	T ₅

设电枢电流为 I , 导体有效长为 L , 并联支路数为 a , 有效磁通 Φ , 极对数 p , 则平均电磁转矩为^[5]:

$$T = \frac{2}{3} \cdot \frac{pN}{\pi a} \cdot \Phi I$$

文献[6]说明了在这种运行方式下的材料利用率最高, 每安培力矩最大。

从表1的导通顺序可知, 电机绕组的换相时刻是由转子磁极位置确定的。因此, 准确地获得任意

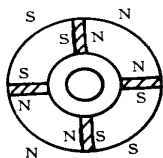


图4

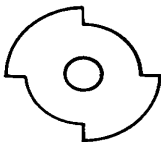


图5



图6

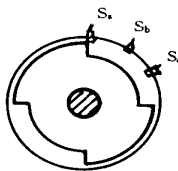


图7

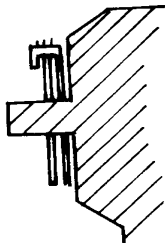


图8

时刻的转子磁极位置显得非常重要。为此我们设计了一种转子位置传感器及相应的120 脉冲器来保证这一运行原理的要求。从图1中的系统结构中可知逆变器的触发信号由转子位置传感器来, 经120 脉冲分配器送至8098单片机系统, 单片机系统经逻辑判断和控制算法, 最后输出 TTL 门控信号至 GTR 的基极驱动回路去触发 GTR 导通。

3 转子位置传感器及120 脉冲分配器的设计

从表1中可以得出, 永磁无刷直流电机的运行是每60 电角度换相一次, 它与转子的磁极位置保持着严格的同步关系, 因此准确地确定转子磁极位置是保证电机运行和控制精度的重要条件。根据电机的运行特点, 为了准确地传感出转子的位置, 我们设计了一个位置传感器和一个120 脉冲分配器。本文以四极永磁电机为例说明, 它的构成是: 一个与电机同轴的动片, 它的形状如图5所示, 一个固定片, 其外形如图7, 它固定在电机的外壳, 在它上面装有三个相差30 空间角的穿透式光电耦合器(其外形图见图6, 其中, E 端为发射端, D 端为接收端), 它们分别编号为 S_a , S_b , S_c 。整体安装图见图7(正视)和图8(剖视)。动片的形状与转子的磁极(N 极或S 极相对应, 此处S 极与凸面对应), 当电机转动时, 动片的凸面进入光偶, 则光偶输出为“1”, 当它离开时, 光偶输出为“0”, 根据三个光偶的输出状态, 进行编码, 就可以准确地确定转子的磁极位置。例如, 凸面准备进入 S_a 时, S_a , S_b , S_c 的输出为000, 随电机旋转, 凸面进入 S_a , 则 S_a , S_b , S_c 输出为100, 再转动, 进入 S_b , 此时 S_a , S_b , S_c 输出为110, 如此反复, 转子位置编码如下:

$$S_a S_b S_c: \begin{matrix} 000 & 100 & 110 & 111 & 011 & 001 \\ \hline & & & & & \end{matrix}$$

$S_a S_b S_c$ 的波形图见图10。

从图10可以得到以下结果:

在空间360 范围内, 不论转子位置在哪里, 都有一个编码与之对应。

每一个编码都持续30°空间角,即60°电角度。

下面就必须将这一编码结果与逆变器的管子导通顺序一一对应起来,即我们设计的120°脉冲分配器。120°脉冲分配器的逻辑图见图9:

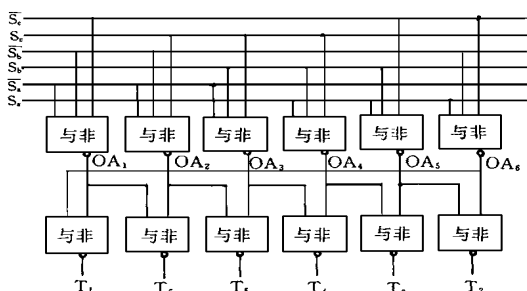


图9

分配器各输出波形图见图11:

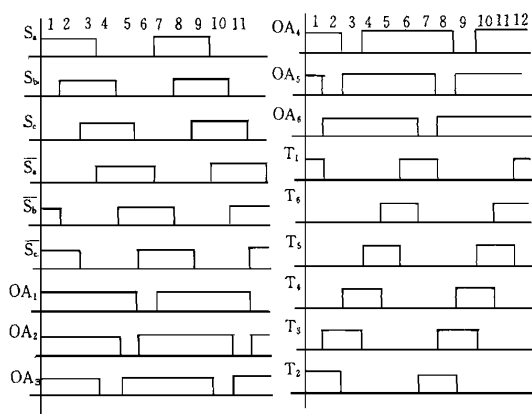


图10

图11

图中可知,当 $S_a S_b S_c = 000$ 时, T_1, T_6 导通A,B相通电,在 $S_a S_b S_c = 001$, T_1, T_2 输出高电平,A,C相通电,完成换相,如此往复,电机就能运转。

以上分析可知,转子位置传感器传出的磁极位置与逆变器管子导通的管子号一一对应,光电位置编码的结果可将360°的空间角全部包括在内,因而,无论转子的磁极位置在哪里,它都有一个状态编码与这对应,而转子位置编码结果经120°脉冲分配器逻辑分配,就与表1中的GTR导通状态一一对应。所以,无论电机的转子磁极停在什么位置,它总能直接起动,而且触发脉冲相互封锁,有效地防

止逆变器中最危险的同桥臂直通短路故障。

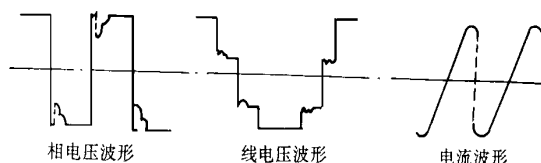
4 实验结果

实验样机是1.1kW 钕钴稀土永磁无刷直流电机,380V 电压供给三相整流器,空载时的电压和转速实测值如表2:

表2

电压/V	140	180	200	220	250	265	300
电流/A	0.48	0.49	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
转速/ $r \cdot \min^{-1}$	820	1080	1210	1320	1340	1360	1500

实测波形:



5 结 论

永磁无刷直流电机既有交流电机的结构又有直流电机的特性,是一种很有应用前景的机种。实验表明:该机种具有良好的运行特性和调速性能,而且具有高效节能的特点,完全以取代直流电机而进入调速领域和伺服领域,是一种集电子、电机和计算机为一体的机电一体化系统。

参 考 文 献

- 1 许大中 晶闸管无换向器电机 北京科学出版社,1984
- 2 张幽彤,陈宝江 MCS-8098系统应用大全 北京清华大学出版社,1990
- 3 余永权,陈小青,陈林康 单片机应用系统的功率接口技术 北京航空航天大学出版社,1988
- 4 宋宜斌 一种MCS96控制的交流伺服系统 电世界,1991,(7):2-5
- 5 周元芳 稀土永磁无刷直流电动机反电势及电磁转矩的计算 微特电机,1996,(3):14
- 6 TIDMAS A. L IPO, Design and performance of a converter optimized AC machine IEEE Trans on IAS, 1984, IA-20(4): 834-844

第一作者简介:洪南生,男,1965年生,硕士,讲师

Hong Nanshen, male, born in 1965, master, instructor

'96第一届中国小电机制造技术研讨会论文集介绍

'96第一届中国小电机制造技术研讨会论文集(电机噪声、振动及测试技术篇)由中国电工技术学会微特电机专委会编辑出版,该书共收集了近30篇技术论文,共20万字,定价30元(含邮费)需要者可汇款至我部,款到即寄书。地址:上海虹漕路30号,微特电机编辑部;邮编:200233。