

文章编号: 1005-0523(2010)03-0068-04

直接转矩控制在电梯门机系统中的应用探讨

郑晓芳

(华东交通大学 教务处, 江西 南昌 330013)

摘要:在阐述矢量控制原理、直接转矩控制的基础上,对直接转矩控制技术的几个问题作了分析和讨论。指出电梯门机系统存在的问题,对传统的直接转矩控制系统进行了适当的改进,并对直接转矩控制技术的研究前景进行了展望。

关键词:电梯门机;直接转矩控制;矢量控制

中图分类号:TM921

文献标识码:A

电梯门机控制系统是典型的电机伺服系统,是电梯设备中动作最频繁的部分,其运行特性直接影响到电梯运行过程的快速性和可靠性。传统的电梯门机控制系统,常采用 V/F 控制变频器与控制器组成的交流控制系统,由于执行环节多造成系统的可靠性差,调试较为困难。另外 V/F 控制的变频器运行不够平稳,在遇阻重开门或者光幕、触板保护动作的过程中反应迟钝容易伤人^[1,2]。

随着科学技术和工艺水平的提高,当前调速系统出现了:(1)采用微型控制器为核心,基于异步电机变压变频的电机控制系统;(2)利用无刷直流电机来取代普通交直流电机的控制系统;(3)采用 PLC+变频器+交流异步机的电机控制系统;(4)采用矢量或直接转矩控制变频器的电机控制系统等等。但任何一种控制系统都有其固有的优缺点,如何设计一种适合电梯门机控制要求的控制系统有较强的理论研究和实用价值。

1 电机控制理论

20 世纪 70 年代初西德和美国的学者在交流电机和直流电机的比拟中,提出了把交流电机当作直流电机一样通过坐标变换进行磁场和转矩独立控制的思想,即矢量控制原理。直接转矩控制系统是近十年来继矢量控制之后迅速发展起来的一种新型的高性能交流调速传动控制系统,其思路是把电动机与逆变器看作一个整体,采用空间电压矢量分析方法在定子坐标系进行磁通、转矩的计算,通过磁通跟踪型 PWM 逆变器的开关输出电动机定子电压,直接控制电机转矩^[3,4]。

2 直接转矩控制的电机调速系统

2.1 传统的直接转矩控制系统基本工作原理

直接转矩控制原理如图 1 所示。直接转矩控制直接在定子坐标系下分析交流电机的数学模型,控制电动机的磁链和转矩,进而确定电磁转矩,将磁链幅值和电磁转矩的计算值与给定值比较,把误差分别送入磁链控制单元和转矩控制单元,两者的输出信号与磁通角共同作为控制逆变器的开关信号,驱动逆变器产生三相电压作用电机。直接转矩控制系统采用电压型逆变器,如图 2 所示。

对于逆变器开关信号的形成采用空间电压矢量调制方法,空间电压矢量调制方法是以三相对称正弦波电压供电时交流电动机所产生的理想磁通园为基准,用逆变器不同的开关模式所产生的实际磁通去逼近基准园磁通,并由它们比较的结果决定逆变器的开关状态。图 2 所示的位于同一桥臂的功率管的导通状态是相反的,当位于同一桥臂上面的功率管是导通,下桥臂的功率管一定是关断的。在直接转矩控制中,逆变器有 6 个开关的 8 种组合输出的不同电压矢量 $u(i=0, 1, 2, \dots, 7)$ 。这些不同的电压状态分成两

收稿日期:2009-11-06

基金项目:江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ09225)

作者简介:郑晓芳(1963-),女,硕士,教授,研究方向为电气控制。

类:一类是零电压矢量(u, u);一类是工作电压矢量(u, u)。忽略定子电阻压降,定子磁链的运动方向基本沿 u 进行的,因此合理选择电压矢量的施加顺序使得 u 的运行轨迹形成六边形,为便于控制将磁链旋转轨迹分成6个扇区,根据磁链幅值和电磁转矩的计算值与给定值比较得出的误差,并结合定子磁链所在区域从开关表中选择合适的电压矢量控制逆变器的开关状态^[5]。

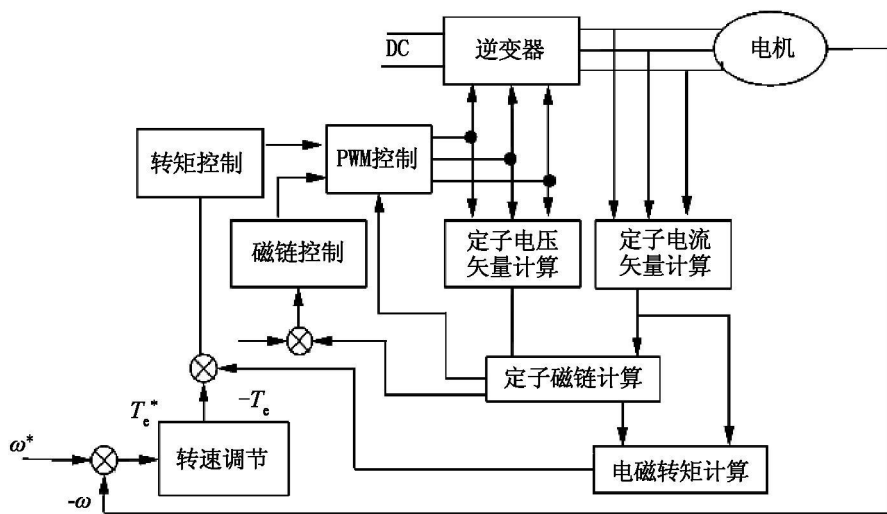


图1 直接转矩控制原理图

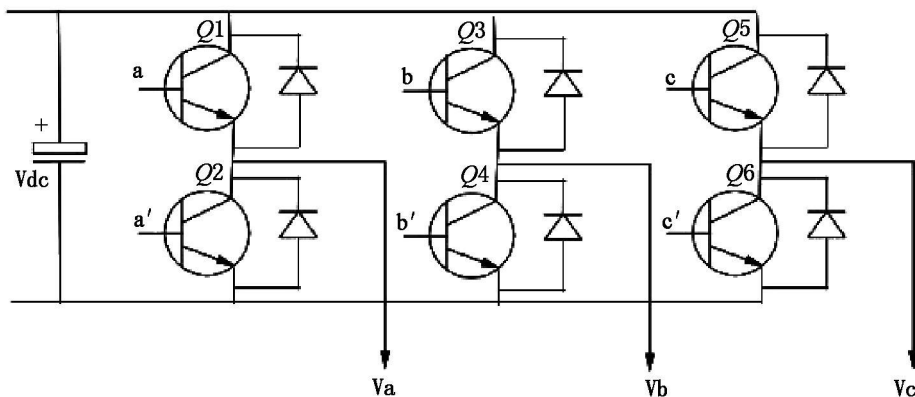


图2 电压型逆变器

直接转矩控制从总体上来说是采用电压空间矢量控制,其电压矢量不像 PWM 那样有规律的给出;与 PWM 控制相比它更像一种随机的过程,它根据定子磁链位置、转矩变化、定子磁链变化实时的给出空间电压矢量。

2.2 存在的问题

直接转矩控制经过近 20 年的发展,各方面的性能都在不断提高并已进入实用阶段,国外目前已成功应用在大功率高速电力机车上等主传动系统中,德国和日本在这方面的研究居领先地位。但直接转矩控制一直存在转矩脉动大(尤其低速时)、开关频率不恒定等问题。在低速阶段,由于采用两个滞环比较器以及选择开关表所得到的只有 8 个基本电压矢量实现对转矩和磁链的分别控制,导致存在较大的转矩脉动。另一方面,在直接转矩控制中,开关频率是通过转矩容差的调节而定的,转矩容差设定的值较小,对于抑制转矩的脉动是有利的,但同时增加了逆变器的开关频率。为了解决直接转矩存在的问题,很多学者致力于改善相关性能的研究,提出很多改进思路。有的在直接转矩控制中引入智能算法优化其性能;有的引入模糊集合理论,采用模糊控制器来选择开关状态;有的将模糊算法和与遗传算法相结合实现直接转矩智能控制,这些方法都有其各自的优缺点及适应场合^[6,7]。

3 直接转矩控制在电梯门机系统的应用

3.1 电梯门机系统简介

电梯的门有门扇、门滑轮、门地坎、门导轨架等部件组成。门关、启的动力源是门电机,通过传动机构驱动轿门运动再由轿门带动层门一起运动。门具有启闭迅速同时又要避免在起端和终端发生冲撞,要求电梯门应按理想速度曲线自动调节门启闭运行速度曲线。由于电梯门机控制系统中其轿厢门运动速度值不是很大,因此需要变速装置,使得电动机的输出速度在额定值范围内,而轿厢门运动速度远小于电动机的输出速度,这样,当轿厢门有较小速度变化时,电动机可以在很大的速度范围内进行调节,使得调速变得容易;同时电动机有转矩或速度波动时,反映在轿厢门上的速度变化就不明显,利于轿厢门平滑运动。

3.2 直接转矩控制在门机系统中的应用

虽然矢量控制、直接转矩控制是目前研究的热点,很多学者都对此作了大量的研究与探索,但在大量的文献资料中的研究都是针对大功率的交流电机,因为此类控制系统通常要求高、造价高,适合采用较复杂的控制系统,而对电梯门电机由于不属于电梯的核心部件且电机功率较小因此研究的很少。针对电梯门机控制系统采用矢量控制或其它相关文献提到的改进型直接转矩控制方案可以达到要求,但其结果不是结构复杂化就是加入大量的复杂运算,从造价、系统的复杂程度方面看并不合算。作为一种新兴的控制技术,直接转矩控制系统中很多控制环节有不同的处理方法,为此,必须结合电梯门机控制系统的特点针对传统直接转矩控制系统作进一些合理改进,使之能完全满足电梯门机控制系统的需要且系统易于实现又有合理的成本。下面结合电梯门梯控制系统的特点,在传统直接转矩控制系统中,针对两个主要环节即转矩和磁链控制采取改进的控制方法,使其控制系统较为简单而又能达到工程要求。

(1) 采用三点式转矩调节器—滞环比较器。传统的直接转矩控制技术对转矩的控制采用转矩控制器,多数控制器采用两点式进行调节即采用施密特触发器,输出状态量 1 和 0,转矩容差为 ϵ 且可调,如图 3 所示^[4]。

调节器的输入信号是转矩给定值 T_e^* 和转矩反馈值 T 的差值。调节器的容差 ϵ_T 由频率调节器给定, T_Q 输出量是转矩开关信号。这样在反馈转矩值偏离给定转矩值较大时,调节过程过长使得实时性能不好。本文中采用三点式调节器如图 4 所示。

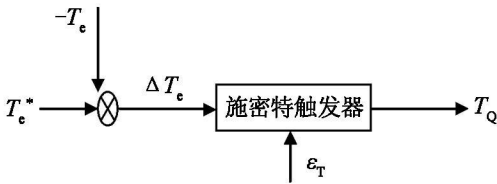


图3 转矩两点式调节器

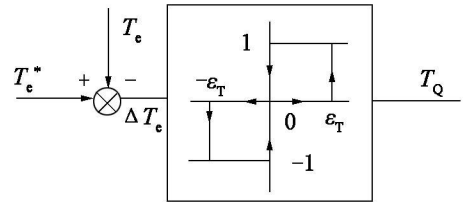


图4 三点式转矩调节器

用滞环比较器代替施密特触发器,输出 -1、0、1 三个量,把转矩变化的范围细化,不同的范围实施不同的控制策略(即施加不同的电压向量),使得调节过程缩短,有较好的调节效果。其工作原理为: ϵ 为转矩调节器容差给定值。

ΔT 为转矩给定值 T_e^* 与实际值 T 的差值,即 $\Delta T_e = T_e^* - T_e$ 。当 $\Delta T_e > +\epsilon$, 转矩调节器输出开关信号 $T_Q = 1$, 施加增加转矩的电压矢量; 当 $\Delta T_e = 0$, 转矩调节器输出开关信号 $T_Q = 0$, 不需要电压矢量; 当 $\Delta T_e < -\epsilon$, 转矩调节器输出开关信号 $T_Q = -1$, 施加减少转矩的电压矢量。

(2) 采用圆形磁链控制。由于直接转矩控制是从大功率牵引出发的,因其开关频率受器件水平的限制不能太高,所有传统的直接转矩控制系统对磁链控制通常采用六边形磁链进行控制,这样虽然可以降低功率器件的频率但引起转矩的波动也较大。在系统控制中磁链轨迹越接近园形,磁链幅值越接近恒定,对转矩的控制效果就越好,同时电机的谐波分量越小,但逆变器的开关频率也会越高。鉴于门电机的功率较小频率高对其影响不是很大,故选择圆形磁链方案。为了更好的控制效果必须对传统的两点式磁链调节器进行改进,考虑到算法的复杂性与可行性采用如图 5 所示的三点式磁链滞环比较器进行调节。

其工作原理如下: ϵ_Q 为磁链调节器容差的给定值,磁链调节器的开关信号设置为: $\Delta\Psi_s$ 为磁链给定值 Ψ_s^* 与实际值 Ψ_s 的差值,即 $\Delta\Psi_s = \Psi_s^* - \Psi_s$ 。当 $\Delta\Psi_s > \epsilon_\Psi$,磁链调节器的开关信号 $\Psi_Q = 1$,施加增加磁链的电压矢量;当 $\Delta\Psi_s = 0$,磁链调节器的开关信号 $\Psi_Q = 0$,不需要电压矢量;当 $\Delta\Psi_s < -\epsilon_Q$,磁链调节器的开关信号 $\Psi_Q = -1$,施加减少磁链的电压矢量。根据这样的控制方式,就可以使磁链幅值在给定范围内变化, $\Psi_s(t)$ 轨迹近似为圆。

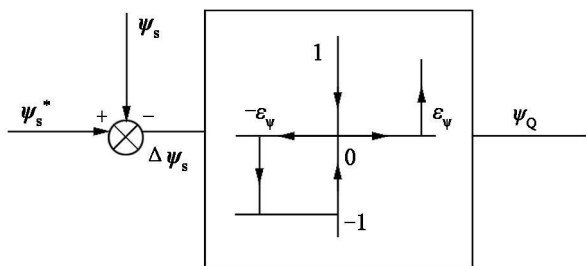


图5 三点式磁链调节器

4 未来展望

直接转矩控制技术具有一系列的优点,对交流驱动调速是一种很好的电机控制方法,目前直接转矩控制技术的应用领域大为拓展,由原来主要应用于异步电机扩展到其它种类的电机,而且随着电力电子器件不断向大功率和高频化发展,大容量的直接转矩控制的性能将进一步得到提高。直接转矩控制作为一门新兴的控制技术虽已取得很多成果,还是存在很多问题(例如低速转矩脉动问题等)制约了直接转矩控制在实际工业当中的广泛应用。当前直接转矩控制技术正向着智能化、集中化发展,虽然不少研究还局限于理论研究和仿真阶段但其前景还是极其光明的。

参考文献:

- [1] 尹志英,谢栓勤.自适应控制在电梯门机系统中的应用[J].电气传动自动化,2006,28(1):29-31.
- [2] 何志明,刘宏鑫.采用TD3200矢量控制变频器的电梯门机控制系统[J].中国电梯,2003,14(24):23-24.
- [3] 李永东.交流电机数字控制系统[M].北京:机械工业出版社,2002:21-27.
- [4] 李凤.异步电机直接转矩控制[M].北京:机械工业出版社,2001:35-47.
- [5] 腾泓弘,余天才.空间电压矢量算法在电梯门机系统上的实现[J].中国电梯,2004,15(5):16-17.
- [6] 王瑜.基于预测控制的直接转矩控制空间电压矢量脉宽调制方法[D].长沙:中南大学,2006:2-5.
- [7] 曹承志,时洪图.基于SVPWM的直接转矩控制新方案[J].系统仿真学报,2008,20(21):5 924-5 928.
- [8] 梁延东.电梯控制技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2008:7-20.
- [9] 魏娜,王忠庆.直接转矩控制技术综述[J].机械管理开发,2009,24(3):11-12.

Application of Direct Torque Control in the Elevator Door-motor System

Zheng Xiaofang

(Educational Administration Office, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The theoretical analysis and system constitute of the direct torque control (DTC) and vector control is carried out in this paper. Some key problems of DTC are discussed in detail. Some improvement is made for traditional DTC-system aiming at the existing problems of the elevator door-motor system. Finally, further research tendencies of direct torque control are discussed.

Key words: elevator door-motor; direct torque control(DTC); vector control

(责任编辑 王建华)