

面向机器人的永磁同步电机直接转矩控制分析

张锐丽 王洪 胡蓉

宜宾职业技术学院 四川 宜宾 644003

[摘要]在进行工业机器人的研究当中就可以明显的发现,永磁同步电机伺服系统对于工业机器人来说有着非常重要的作用,可以说是工业机器人的中心部分。随着近几年来工业机器人的应用越来越广泛,人们对于工业机器人的了解也越来越多同时对于工业机器人的要求也在不断的增加。目前的永磁同步电机在应用的过程当中大都采用磁场定向控制方式,但是这一方式在进行坐标的改变的时候需要进行大量的计算。所以为了使计算量大的问题得到有效的改善,本来对于永磁同步电机直接转矩控制的策略进行了进一步的研究,并且对永磁同步电机具体的数学模型进行了有效的分析,从而设计出了一个直接转矩控制系统。随后还进行了永磁同步电机直接转矩控制仿真平台的进一步搭建,其仿真结果表明,这一方知的永磁同步电机在响应方面速度非常快同时在精准度方面也效果良好拥有着较好的运行性能。

[关键词]永磁同步电机; 机器人; 直接转矩

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.802

前言

DTC(直接转矩控制)是继FOC控制技术控制技术之后,近年来发展起来的一种新型的交流变频调速技术。与矢量控制技术不同的是,Bang-Bang控制是利用频带滞环控制来产生PWM信号,优化逆变器的开关状态,从而达到较高的动态转矩性能。DTC有其自身的特点,它在很大程度上解决了矢量控制中的一些问题,如计算的复杂性、电机参数变化的敏感性、理论分析结果的难易程度等。DTC否定了传统矢量控制中的解耦思想,将转子磁通定向改为定子磁通定向。取消旋转坐标变换,通过实时测量电机的电机定子电压和电流,计算电机的转矩幅值和磁链幅值,并分别与给定的转矩幅值和磁通幅值进行比较,通过差分控制电机的定子磁通磁链调节器和矢量相对于磁链的夹角。本文对永磁同步电机直接转矩控制策略进行了进一步的介绍,并提出了以下观点,仅供参考。

一、对于永磁同步电机直接转矩控制的研究

随着近几年来工业机器人的不断发展,电机及其控制系统已经成了决定工业机器人未来发展的一项重要内容,可以说只有保障伺服电机的性能才能够进一步保障机器人的性能。随着近几年来国内外学者对于永磁同步电机伺服控制系统的研究不断的增加,当前对于永磁同步电机的传统磁场定向控制策略的研究也越来越多。大师多传统磁场定向控制策略需要进行大量的计算,人力以及物力资源都浪费的十分严重。因此为了能够解决这一问题,国内外学者开始重视研究直接转矩控制策略。丁硕,崔总泽等人选择使用经典速度采用电流双闭环的方式来进行永磁同步电机的控制,随后其仿真结果显示出这一方式也有着很好的运行结果。尹忠钢以及张迪等人对三自由度内模控制当法进行了研究,随后还将这一方法应用在了永磁同步电机方面,并且进行了反馈控制器、反馈滤波器以及前馈控制器的设计。纪志成以及周寰等人是用来双闭环控制模式,主要的电流环由矢量控制,速度环则由PI进行控制。随后也得到了较为良好的结果,控制效果较为不错。牛峰以及李奎等人以占空比进行了直接转矩控

制策略模型的构建与预测。这一策略主要是以转矩的误差以及定子磁链的误差为主进行当前的电压矢量占空比的计算。刘英培以及栗然等人以最小二乘为基础进行了支持向量机优化的自抗扰控制器的研究,并且将这一研究内容应用在了永磁同步电机直接转矩控制策略当中。同时还进行了ADRC的速度调节器的设置进行了最小二乘支持向量机的最优回归模型的设计将其放入到了ADRC调节器当中。通过使用这一方式使ADRC的观测精度以及系统的动态响应速度都能得到进一步的提升。为了能够使机器人永磁同步电机控制系统的性能得到进一步的提升,使大量计算问题得到有效的解决,本文对于永磁同步电机直接转矩控制策略进行了进一步的研究,并且对永磁同步电机数学模型进行了全面的分析并以ds-qs坐标系为记住进行了电磁矩阵方程的设计,从而进一步进行直接转矩控制系统的内容设计,同时还给出了开关电压矢量控制表。

二、永磁同步电机具体内容

永磁同步电动机采用永磁同步电机进行永磁体,使电动机结构更加简单,降低了加工和装配费用,消除了故障集电环和电刷,提高了电动机运行的可靠性。永磁同步电动机由定子和端盖组成。定子与普通感应电动机基本相同,采用叠片结构,降低了电动机的铁耗。转子可以是实心的,也可以是叠片叠压。电枢绕组可以是集中整距绕组或分布式分布短距绕组或非短距绕组。永磁同步电机主要由定子、转子和端盖组成,定子堆叠在一起,以减少电动机运行时的铁耗,并配有三相交流绕组,称为电枢。转子可以制成实心形式或压缩与永磁体材料的叠片。根据永磁材料电机转子上的位置,永磁同步电机可分为突出式和内置式两种结构形式。突出式转子磁路结构简单,制造成本成本低,但由于表面不能安装启动绕组,故不能异步起动。内置式转子磁路结构有径向式磁路、切向式和混合式三种,它们之间的主要区别是永磁体磁化方向与转子旋转方向方向的不同。

(一) 永磁同步电机恒压频比控制

永磁同步电机的恒压频比控制方法与交流异步电动机的恒电压频率恒压频比控制方法相似。没有电流、电压、位置等物理信号的反馈，仍然可以达到一定的控制精度，这是恒压频比控制方法的最大优点。恒压频比控制方法以其控制算法简单、硬件成本成本高等优点在通用变频器领域得到了广泛的应用。恒压频比控制方法的缺点也很明显，由于在控制过程中没有反馈速度、位置或任何其他信号，几乎不可能获得电机的运行状态信息，更不用说精确控制转速或电磁转矩了。显然，这种控制方法不能分别控制转矩和励磁电流，控制过程中存在较大的励磁电流，影响电机效率。

（二）永磁同步电机的直接转矩控制技术

直接自控制在定子静止坐标系上建立了磁链和电磁转矩模型，并利用不同电压电压矢量电磁转矩模型和定子磁链控制。直接转矩控制方法具有算法简单、转矩响应好等优点，广泛应用于高瞬态转矩响应要求较高的场合。由于直接转矩控制固有的缺点，在转速较低时，直接转矩控制具有控制频率和高转矩脉动的特点。因此，降低低速时转矩脉动已成为直接转矩控制方法的热点问题，孙笑辉等人通过优化优化电压矢量的作用时间来降低转矩脉动。将直接直接转矩控制方法于基于离散空间矢量调制技术的交流感应电机控制中，以减小转矩脉动。

三、永磁同步电机直接转矩控制

（一）研究永磁同步电机直接转矩控制的原因

电机的主要作用是机械能转化为电能，因此为了能够进一步提高机械能与电能的转化效率从而使应用成本得到有效的降低就必须重视进行电机控制策略的研究，因此越来越多的人开始将这一课题设为重点课题。随着人们对于永磁同步电机的研究越来越深入，越来越成熟，人们对于永磁同步电机的控制策略也越来越多同时也提出了一种新的控制策略—直接转矩控制。直接转矩控制欲传统的控制策略有着很大的差别，它将原本矢量控制解耦之后在进行分别控制的思想摒弃，采用了直接的控制转矩进行永磁同步电机的运行控制。

（二）直接转矩控制的优点

首先是直接转矩控制以定子磁链为主要的参考系，只需要以此参考系为记住进行电机的各种变相的转换。在这一转换过程当中并不需要应用繁琐的坐标转换，同时也不会因为转换问题导致其他的变量受到影响。因此可以说这种方式可以是运算量得到有效的简便同时还可以使信号的处理难度进一步降低。同时听筒这种方式还可以更加直观的进行电机运行状态的研究。第二，通过应用直接转矩控制方式可以通过电子定阻进行进一步的电子磁链的数据从而进行磁通的估算。这一方式与传统的方式进行比较之后可以发现，通过应

用这一方式可以使电机参数的依赖性得到有效的降低，所以可以说直接转矩控制在抗干扰方面的能力也要远超过传统的控制策略。

结语

随着当前社会的不断发展，在未来人们对于机器人的性能以及质量等方面的内容要求会越来越高。为了能够满足人们的高要求就必须重视不断的进行永磁同步电机的研究。毕竟电机是机器人的核心，只有不断的改善电机的质量和效率才可以有效的改善当前机器人的使用性能。所以这就要求当前研究人员必须要不断的深入研究，坚持探索不断的提升电机的整体性能。随着近几年来不断的深入研究，永磁同步电机直接转矩控制策略已经成了一种较为普遍的应用策略。通过应用这一控制策略可以有效的降低计算量节省了大量的人力以及物力资源。本文对永磁同步电机直接转矩控制策略进行了进一步的研究并且进行了进一步的永磁同步电机直接转矩控制仿真平台的搭建。当然由于当前工业机器人的发展速度过快，存在着较多的复杂问题，所以本次仿真中将设定转速进行了更改，在3秒之后将其76从1000R/MIN更改为了800R/MIN，从而得出来以下结论。·第一，定子磁链的轨迹近似于一个圆形，并且在脉动方面不多，电机的转速超调小，不仅十分稳定同时还有着较高的精度。第二，通过应用这一控制策略可以发现电磁转矩有着较高的稳定性并且在转矩脉动方面较小。三相电流曲线方面也较为平滑并没有什么明显的波动，运行效果较好。因此可以说永磁同步电机直接转矩控制策略对于未来机器人的永磁同步电机控制系统的性能提升方面有着非常良好的影响。

参考文献

[1] 丁硕, 崔总泽, 巫庆辉, 常晓恒, 胡庆功. 基于SVPWM的永磁同步电机矢量控制仿真研究 [J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(06): 81-85.

[2] 刘英培, 粟然, 梁海平. 基于最小二乘支持向量机优化自抗扰控制器的永磁同步电机直接转矩控制方法 [J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(27): 4654-4664.

作者简介:

第一作者: 张锐丽(1983年8月), 女, 四川绵阳人, 学士, 讲师, 主要从事机械工程技术研究。

第二作者: 王洪(1981年10月), 男, 四川宜宾人, 学士, 讲师, 主要从事机械工程技术研究。

第三作者: 胡蓉(1984年6月), 女, 河北邯郸人, 学士, 讲师, 主要从事机械工程技术研究。

基金项目: 宜宾职业技术学院教研教改项目(ybzyjg2019)基于类型教育的高职制造类专业“三教”改革思考与研究