

浅析永磁同步电机 FOC 控制策略

李晶

辽宁工程职业学院

DOI:10.32629/mef.v2i7.186

[摘要] FOC 是通过控制变频器输出电压的幅值和频率控制三相交流电机的一种变频驱动控制方法。通过测量和控制电机的定子电流矢量,对电机的励磁电流和转矩电流实现控制,它通过坐标变换,将静止坐标转化成旋转的坐标系,从而使三相交流耦合的定子电流转换为相互正交,独立解耦的转矩和励磁分量,从而达到类似于塔里直流电动机通过控制转矩电流直接控制转矩的目的。

[关键词] 永磁同步电机; FOC; 磁链观测

Analysis of Control Strategy for Permanent Magnet Synchronous Motor FOC

Li Jing

Liaoning Engineering Vocational College

[Abstract] FOC is a variable frequency drive control method for controlling three-phase AC motor by controlling the amplitude and frequency of the output voltage of the inverter. By measuring and controlling the stator current vector of the motor, the excitation current and torque current of the motor are controlled, it converts the stationary coordinates into a rotating coordinate system through coordinate transformation, so that the three-phase AC-coupled stator currents are converted into mutual positive intermittent, independent decoupling of the torque and excitation components, thus reaching the purpose of directly controlling the torque by controlling the torque current similar to the Tali DC motor.

[Key words] permanent magnet synchronous motor; FOC; flux linkage observation

1 概述

FOC(field-oriented control)为磁场导向控制,又称为矢量控制(vector control),是使用变频器控制三相交流电机,然后通过调整变频器输出频率、输出矢量电压大小及角度,来控制交流电机的输出。其优点可以说是可以逐个控制电机的的磁场及转矩。因为其在控制过程中,会经过向量变换将输出电流、电压用矢量来表示,故称为矢量控制。

矢量控制最早是由达姆施塔特工业大学的K.Hasse及西门子公司公司的F.Blaschke在1970年代初期提出的。两者提出的理论最初也是有明显区别的,Hasse提出的是间接矢量控制,Blaschke提出的是直接矢量控制。随着布伦瑞克工业大学的维尔纳·莱昂哈德(Leonhard further)进一步开发磁场导向控制的控制,因此交流电机驱动器开始有机会取代直流电机驱动器。但是由于当时微处理器为未普及,但是应开始广泛使用的交流电机驱动器。由于其成本高、架构复杂,而且不易维护。所以学者们研究的矢量控制没有广泛应用在交流电机驱动器中。

Park变换一直被用在同步电机及感应电机的分析和研究中,是由罗伯特·派克(Robert Park)在1929年提出的。Park变换被列为二十世纪第二重要的理论。Park变换将电机的微分方程,由变系数微分方程变成“时不变”系数的微分方程。

矢量控制可以在整个频率范围内运转、电机零速时可以输出额定转矩、且速度调整响应快而且可以在交流电机控制

系统中广泛使用,因为其控制的电机体积小,成本及能耗都较低,在市场上越来越受到欢迎。随着技术的发展,这项控制技术也应用一些家电中。

在交流电机控制过程中,FOC(Field Oriented Control), 可让电机快速实现最佳转矩输出、获得更高的效率,且动态反应速度快、误差小,还有更低的扭力涟波(ripple),在电机启动、运转、和停止时可提供一致和稳定的转动。

2 交流永磁伺服电机 FOC 控制

FOC控制其最主要通过控制电机电流,从而实现电机各项输出物理量即转矩(电流)、速度、位置满足要求。在整个控制流程图中基本上包括电流、速度、位置三个控制环。

2.1 电流环控制

下图是电流环(最内环)的控制框图:

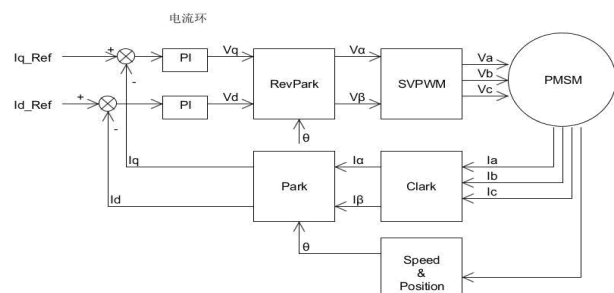


图1 电流环(最内环)的控制框图

上图中, $I_q - Ref$ 是Park变化之后 q 轴(交轴) 电流输出设定值, $I_d - Ref$ 是轴(直轴) 电流输出设定值。

I_a, I_b, I_c 分别是A相、B相、C相的采样电流, 利用公式 $I_a + I_b + I_c = 0$ 计算得到, 电角度 θ 可以通过实时读取磁编码器的值计算得到。

控制过程中将 I_a, I_b, I_c 经过Clark变换得到 I_α, I_β , 经过Park变换得到 I_q, I_d ; 然后分别与他们的设定值 $I_q - Ref, I_d - Ref$ 计算误差值; 然后分别将 q 轴电流误差值代入 q 轴电流PI环计算得到 V_p , 将 d 轴电流误差值代入 d 轴电流PI环计算得到 V_D ; 然后对 V_p, V_D 进行反Park变换得到 V_α, V_β ; 然后经过SVPWM算法得到 V_a, V_b, V_c , 最后作为电机输入, 实现一次电机电流内环的控制。

2. 速度电流双环控制

当对PMSM进行速度控制时, 需要在电流环外面加一个速度环, 控制框图如下:

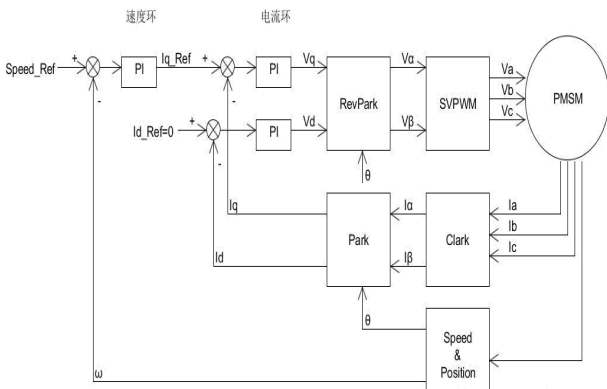


图2 速度电流双环

上图中, $speed - Ref$ 是速度输出设定值, ω 是电机控制值框图的转速反馈。

将 ω 与 $speed - Ref$ 误差值计算结果代入速度PI环, 作为控制内环电流环的输入。对图1和图2的电流环进行比较会发现, 图2中 d 轴电流 $I_d - Ref$ 被设定为零, 因为 d 轴电流对于PMSM转动没有输出, 所以 d 轴电流设定为零, 但不是一直为0; 当时 $I_d - Ref = 0, I_q - Ref$ 就是双环中的速度输出, 这样就实现了速度、电流的双闭环控制。

2. 位置速度电流控制

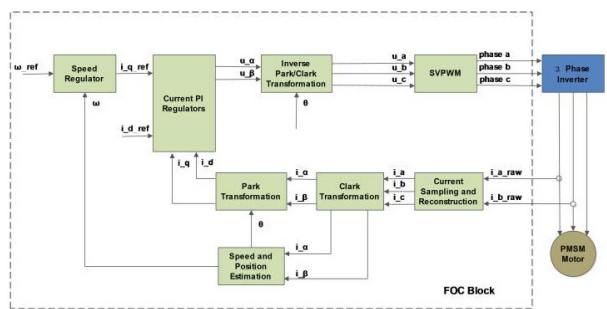


图3 位置速度电流三环控制

当对PMSM进行位置控制时, 需要在速度电流环外面加一个位置环, 控制框图如上:

图中, $position - Ref$ 是输出位置设定值, θ 是电机的当前位置, 位置控制分为电角度位置控制和机械角度位置控制两种。

将 θ 和 $position - Ref$ 的计算误差值代入位置环, 输出作为速度环的输入 $speed - Ref$, 在结合上面的速度电流环控制实现位置、速度、电流三环控制。

在实际使用中, 通过磁编码器直接返回电机转速 ω 比较难以实现, 用M法对电机的转速进行检测, 假设 $\omega = \delta / ms$ (单位: 个/ms), 当PMSM转速快的时候, 这种检测方法是没有问题的; 但是在三环控制过程中, PMSM速度会很慢, 用M法测速会存在非常大的误差, 所以就会需要增大时间间隔来降低误差, 但是会出现整个控制系统延迟的问题。因此为将速度环的误差降到最低, 一般在应用的过程中, 通常只采用位置、电流组成的双环进行控制, 不过这样做, 就必须对位置环做一定的变化, 控制框图如下:

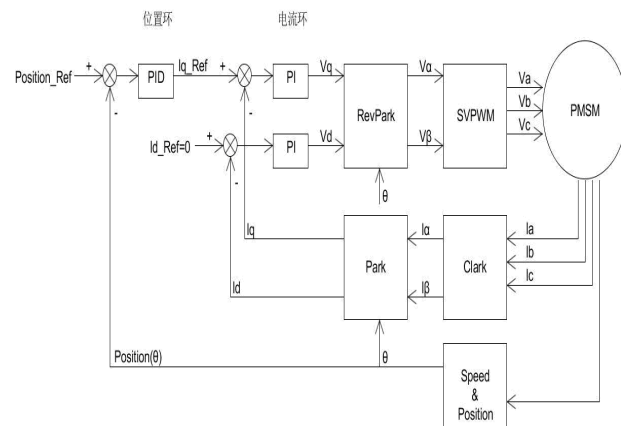


图4 位置电流双环

3 FOC 工作原理及步骤

具体FOC控制PMSM实现步骤如下所示:

- (1) 采集到两相电流。
- (2) 经过clarke变换后得到两轴正交电流量。
- (3) 经过clarke变换后得到正交的电流 I_d, I_q , 其中 I_q 与转矩有关, I_d 与磁通有关。在实际控制中, 常将 I_d 置为 0。由于 I_d, I_q 不是时变的, 因此可以直接对 I_d, I_q 控制。而不需要知道具体要给电机三相具体的电压为多少。
- (4) 将第 3 步中得到的 I_d 和 I_q 量分别送进PI 调节器, 得到对应的输出 V_d 和 V_q 。
- (5) 通过传感器得到电机转过的角度。
- (6) 进行逆park变换, 得到二轴电流量。
- (7) 对第 6 步中的 V_a, V_b 进行逆clarke变换, 得到实际需要的三相电压输入给逆变电桥, 驱动电机转动。

高职教师暑期企业实践存在的问题和建议

鹿鹏程

江苏建筑职业技术学院

DOI:10.32629/mef.v2i7.168

[摘要] 随着职业教育改革的推进和深化,培养高水平的“双师型”师资队伍,提升高职院校的办学水平和人才培养质量,是今后我国高等职业教育发展的重要趋势。因此,专业教师参加企业实践具有重要意义,既是打造“双师型”师资队伍、提升学校办学水平和竞争力的重要手段,也是加强校企合作的重要途径。高职教师暑期企业实践项目,采用由某高校承办,同专业教师在暑假期间集中参加培训的方式进行企业实践,取得了不错的效果,但是仍然存在着很多问题,需要政府、学校、企业、教师等共同努力推进实践水平的进一步提高。

[关键词] 社会实践; 问题; 建议

Problems and Suggestions on the Practice of Summer Enterprises in Higher Vocational Teachers

Lu Pengcheng

Jiangsu Vocational Institute of Architectural Technology

[Abstract] With the advancement and deepening of vocational education reform, cultivating high-level “double-skilled” faculty and improving the quality of higher vocational colleges and the quality of personnel training are important trends in the development of higher vocational education in China. Therefore, it is of great significance for professional teachers to participate in enterprise practice, it is not only an important means to build a “double-skilled” faculty, to improve the school-running level and competitiveness, but also an important way to strengthen school-enterprise cooperation. The summer enterprise practice project of higher vocational teachers adopts the practice of a university and the professional teachers to participate in the training during the summer vacation, it has achieved good results, but there are still many problems. The joint efforts of the government, schools, enterprises, and teachers are needed to promote the further improvement of the practice level.

[Keywords] social practice; problem; suggestion

1 高职教师企业实践存在的问题

高职教师暑期企业实践的归根到底是实践企业与参培教师双方的交流、沟通、学习,是起关键作用的两大主体,双方能够投入多大的精力和诚意直接决定了暑期实践的效果。而相关单位如政府、承办院校主要起到搭线、协调的辅助作用,同样不可或缺。理想的暑期企业实践应该是各方都从中获益,高职教师提升了自己的实践能力,使理论知识结合企业实践,更好的服务于教学;企业从企业实践中得到教师提供的一些改进方法,合作的机会;承办学校、负责人获得荣誉及补贴;政府从企业、高职教师的进步中获益。但是,现阶段各方面还

存在一些客观问题:

1.1 政府层面的问题

政府可以切实的提高企业、教师、承办学校的参与积极性,企业在付出培训、实践成本的同时从政府层面获得相应的回报,比如税收优惠、经济补偿;教师的企业实践将是职称评定等的重要依据;承办学校及具体负责人也可以得到相应的补贴等鼓励措施。目前,各级教育主管部门主要通过将资金根据参培人员数量划拨承办负责人,由负责人去确定实践方案、联系企业,最后由负责人和企业对参培教师打分,参培教师给负责人打分,而提高参培教师积极性方面主要通过政策文件

5 总结

FOC控制即磁场定向控制的优点在于具有较高的转矩和磁链控制精度,但是其由于需要坐标变化和磁场定向控制,因此在实际应用过程中由于机构复杂,实际控制起来较为困难。

[参考文献]

[1]刘浩.基于无传感器的永磁同步电机磁场定向控制策略研究[D].上海电机学院,2019.

[2]S H Wahyuni,D P Y Nasution.Utilization of Trichoderma

viride as organic fertilizer to induce the resistance of banana seeds on Fusarium oxysporum f.sp cubense (FOC)[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,2019,260(1).

[3]刘浩,谢源,何志明.一种改进式FOC永磁同步电机控制策略[J].新型工业化,2018,8(07):7-11+16.

作者简介:

李晶(1980--),女,辽宁铁岭市人,汉族,硕士,副教授,研究方向:控制理论与控制工程。