

摘 要

永磁同步电机具有高效率、高功率密度、高精度和响应速度快等优点，在工业应用和交通运输领域中有广泛应用。为了更好地控制和应用永磁同步电机，矢量控制是一种广泛采用的控制方法，本文首先说明了永磁同步电机的矢量模型以及仿真方法，并通过对该电机的物理特性以及运动方程进行了分析，并建立了相应的数学模型。接着，对矢量控制器的基本原理和实现方法展开详细介绍，包括空间矢量分解、电流控制器和频率控制器等。然后，提出了基于三闭环系统的矢量控制策略，该策略引入了速度环、电流环和电压环三个闭环，能够有效提高系统的动态性能和稳态性能。最后，采用 MATLAB/Simulink 对所建立的永磁同步电机模型进行了对传统的矢量控制与基于三闭环矢量控制进行了仿真验证，并通过性能指标比较分析了不同控制方法的优缺点。本文的研究发现，基于传统的矢量控制可以对永磁同步电机的控制具有较快的反应和较高的稳定性，而三闭环系统的矢量控制策略能够在传统的矢量控制的基础上显著提高永磁同步电机系统的动态响应和稳态性能，且在工业应用中有广泛的应用前景。同时，本文所建立的模型和仿真平台也可以为永磁同步电机的控制和应用提供参考。未来的研究可以进一步探索新的控制策略和算法，以进一步提高永磁同步电机的性能和应用范围。

关键词：永磁同步电机；MATLAB/Simulink；矢量控制

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 设计目的和意义	1
1.2 国内外研究现状	1
第 2 章 永磁同步电机结构及坐标变换	3
2.1 永磁同步电机转子结构	3
2.2 坐标变换原理	4
2.3 Clark 变换	5
2.4 Park 变换	6
第 3 章 永磁同步电机数学模型及 simulink 模块搭建	8
3.1 park 变换与 clark 变换模块搭建	11
3.2 ACR 电流环的设计	11
3.3 速度环的设计	14
3.4 Feedwork 前馈控制模块搭建	16
第 4 章 永磁同步电动机矢量控制系统的仿真结果及分析	19
第 5 章 基于三闭环系统永磁同步电机矢量控制优化	23
总结与展望	27
参考文献	28
致谢	30

第 1 章 绪论

1.1 设计目的和意义

由于环保问题和能源危机已成为全球突出问题，世界各地的政府部门已开始密切关注在环保、节能减排和再生能源利用等方面的可持续进展。电动机因其节能、环保和低污染的特点而在新能源技术中得到了广泛应用。与异步电动机相比，永磁同步电机使用永磁体代替励磁部分，消除了无功励磁电流，增加了功率因数，使电动机更加高效节能。中国作为稀土资源丰富的国家，高度重视永磁同步电机的发展，研究高性能永磁同步电机成为热点。在永磁同步电机的运行中，电压信号、电流信号、与转子位置信号都作为十分重要的一部分，在该系统中，转子位置信号可以由高精度传感器提供，但是高精度传感器由于高成本、大尺寸的因素不适于安装在永磁同步电机中，然而在永磁同步电机运行中，电机温度、噪声都会对高精度传感器产生较大的干扰。因此提出基于矢量控制的无传感器系统，可以极大的提高该系统的温度变化以及其他影响因素。永磁同步电机因其效率高、低能耗和大功率密度而赢得了越来越广泛的市场认可，目前主要广泛应用在新能源汽车、城市轨道交通、航空航天、数控车床和造船等行业。因此，低成本、高可靠性的矢量控制技术的永磁同步电机研究已成为电机控制领域的热门研究方向，并且受到国内外学者的广泛关注。

1.2 国内外研究现状

在国内外已有多篇文献深度探讨了永磁同步电机在各个方面的控制方案，其中包括滑模控制、矢量控制等。根据文献^[1]和文献^[2]的研究，针对永磁同步电机中高速转子位置检测的问题，提出了两种不同的解决方案。其中，文献^[1]提出的方法基于矢量位置观测器，可以在矢量跟踪校正环路无法操作的情况下实现对高速转子位置的检测。而文献^[2]则提出了一种基于磁链状态观测器和积分反馈速度估计的控制方法，可以实现对高速转子位置的精准控制。这些方法的应用可以提高永磁同步电机的控制精度和效率，进一步拓展了永磁同步电机在各种领域的应用前景。可利用相位和转速之间的物理关系来估算转子速度。在^[3]中，阐述了一个低复杂度的双矢量模型预测电流控制方式，可以改善永磁同步电机的平稳性和动态性。文献^[4]则采用滑模变结构控制原理，在 $\alpha\beta$ 定子静止坐标系下实时在线估算转子位置和转速，实现了永磁同步电机的闭环调速运行。这些方法在理论分析和仿真结果中表现出良好的性能和鲁棒性。文章^[5]

通过对比了传统滑动式模板观察仪和 3 阶 Super-Twisting 滑动式模板观察仪之间的对负载转矩的监测效应, 经过仿真结果显示, 采用 3 阶 Super-Twisting 滑动式模板观察仪的效率更佳, 且响应速度也更快。为检验这种观察仪的特性, 该文章作者在 PMSM 调快试验平台上成功构建了采用新型趋近法的速度环滑模控制器和负载转矩补偿控制系统, 并开展了实验验证工作。该文章作者通过进行了比较, 实验结果表明所采用的速度环滑模控制器控制方法的普适性。文献^[6]该论文在矢量控制的基本构架下,从信号级联式和一体式二种结构方式入手,通过研究高性能管理策略来提升 PMSM 系列调速品质,并开展了如下有关内容的研究:首先提供了二种带扰动补偿功能的信号级联式永磁同步电机双环调速控制方法,从而有效克服了调速控制系统中由于综合干扰所造成系统鲁棒性变差的问题。论文^[7]该文章在对矢量控制器的调整过程进行了详细分析的基础上,又提出了一种把电气参数的估算结果和控制参数调整流程有机地融合的办法,从而可以更有效加快调整流程:首先针对控制器的分类,给出了控制器内外环参数的确定方式;然后又建立了控制器模拟结果分析模型,对发电机相电阻、磁链以及交直流电子之间的感应估计误差,以及对控制器稳定性的影响等进行了逐一研究,并给出了必须注意调整的电气参数;最后,论文中又提出了一种在调节过程中进一步改善电气参数估计结果的办法,可有效地加速了控制器参数调节过程。同时本文中还对控制器设计方式开展了调研和试验,首先提出了控制器对拖控制系统并进行了实测,从而证明了上述调研结论和设计方式的合理性。^[8]还提出了一种集成了自抗扰功能的无传感器控制的矢量控制策略,用于改变了带式输送机在负载持续变化下的调速特征。通过采用这种方法,可以减少传感器的使用,提高系统的可靠性。同时,结合自抗扰技术的控制策略可以有效地抵抗负载扰动,提高系统的稳定性和抗干扰能力。该文献还进行了实验验证,证明了该方法在实际应用中具有很好的效果。^[9]中首次建立了 PMSM 伺服系统中的 FOC 矢量控制方法,对电流环 PI 调节器提出了模态解耦控制策略,同时引用“有功阻尼”的方法优化了速度环 PI 调节器的工作流程,并介绍了 SVPWM 调节工艺。其次,通过 MRAI 方法对转矩惯量实现了辨识,并通过仿真研究了对不同增益效果设定变量的选择,以及对 MRAI 方法确定效果的作用;给出了通过模糊控制器,对变增益因子作自适应调整设定的变增益因子 Fuzzy-MRAI 方法,并通过仿真验证了其提供辨识方法的优越性;以及通过辨识到的转动惯量,对速度环 PI 调节器进行参数的自动整定方法,并做出了仿真验证。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/505302032030011133>