

2024届毕业设计（论文）

题 目：智能桌面机械臂设计与实现

专 业：智能制造工程

班 级：制造2102

姓 名：艾以琳

指导老师：王莉

起讫日期：2024.12-2025.05

**2025年 6 月**

**南京工业大学本科毕业设计（论文）原创性声明**

本人郑重声明：所呈交的毕业设计（论文），是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

论文作者签名： 日期： 2025 年 5 月 26 日

**南京工业大学本科毕业设计（论文）使用授权声明**

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用毕业论文（设计）的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权南京工业大学教务处可以将本毕业论文（设计）的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编毕业论文（设计）。

论文作者签名： 导师签名：

日期： 2025 年 5 月 26 日 日期： 2025 年 5 月 26 日

智能桌面机械臂设计与实现

摘要

**关键词：**

Design and Implementation of an Intelligent Desktop Robotic Arm

Abstract

**Keywords:**

目 录

[摘要 II](#_Toc190629361)

[Abstract III](#_Toc190629362)

[第一章 绪论 1](#_Toc190629363)

[1.1 研究背景及意义 1](#_Toc190629364)

[1.2 国内外研究现状 1](#_Toc190629365)

[1.2.1 国内研究现状 1](#_Toc190629366)

[1.2.2 国外研究现状 3](#_Toc190629367)

[1.3 本文的主要工作 5](#_Toc190629368)

[1.3.1 本课题要研究或解决的问题 5](#_Toc190629369)

[1.3.2 本文的章节安排 5](#_Toc190629370)

[参考文献 6](#_Toc190629371)

[致谢 8](#_Toc190629372)

1. 绪论
   1. 研究背景及意义

随着全球智能化水平的不断提升，中国的轨道交通、航空航天和机器人技术等领域正以迅猛的速度发展，不断刷新着人们对美好生活的追求。这种追求推动了计算机、电力电子等相关技术的持续进步。在这一进程中，伺服控制系统作为自动化工业的关键组成部分，对于智能家居、军事发展等领域至关重要。传感器作为连接硬件与软件的纽带，在推动现代化军事和科技发展中扮演着核心角色。自从现代化技术广泛应用以来，传感器已经渗透到各个行业，无论是航天探索还是深海探测，或是大规模的智能数字化项目，都离不开电机和传感器的支持。因此，传感器和电机技术的发展受到了研究人员的广泛关注。

旋转变压器作为一种位置传感器，以其在恶劣环境下的稳定性、宽广的工作温度范围、坚固耐用性和出色的噪声抑制能力而受到重视。旋转变压器主要应用于工业控制、汽车、航空航天及军事等领域，因其能提供高精度的角度和位置检测，且在严苛环境下仍能保持稳定性和可靠性，特别适用于需要强抗干扰能力和长期稳定运行的系统中。虽然旋转变压器能够承受恶劣环境并保证长期无故障运行，但它们的初始投资成本相对较高，包括设备本身和配套的信号处理电路。并且，使用旋转变压器涉及到较为复杂的信号处理过程，因为其输出为模拟信号，通常需要转换为数字信号以适应现代控制系统的需求。安装旋转变压器时，确保精确对准是必要的，这可能在实际操作中带来一定挑战，并可能增加实施成本。尽管存在这些难点，旋转变压器的高精度、强稳定性以及在极端条件下的工作能力，使得它在众多高要求应用中仍然不可替代。

* 1. 国内外研究现状
     1. 国内研究现状

目前，我国在旋转变压器解码方面的研究还相对较少，但已经有一些研究取得了一定的成果，并取得了一些重要的研究进展。下面将对我国旋转变压器解码研究现状进行详细阐述。

周雪纯[1]主要研究了旋转变压器的解码方法，特别是在低激励频率和低信噪比条件下的解码问题。旋转变压器在轨道交通、航天科技、军事现代化等领域中扮演着重要角色，能够准确测量电机数据以实现精确控制，提出了基于Hilbert变换和改进ATO（角度跟踪观测器）的旋转变压器解码方法，并通过MATLAB仿真和DSP平台的实物测试验证了方法的有效性。研究还涉及到了OPFCST（最优主频率S变换）的解码方法，以提高解码精度和实时性；董友波[2]介绍了一种电机驱动MCU的旋转变压器解码系统，该系统使用SPWM（正弦脉冲宽度调制）作为旋变的激励信号，并实现了角度解码。通过FPGA平台实现了基于DSP的旋转变压器信号解码，并验证了该系统在不同工况下的有效性；唐源[3]等人研究了一种适用于恶劣环境下的隔离型磁阻式多极旋转变压器，通过有限元仿真分析了屏蔽壳对输出信号的影响；李茂泉[4]设计了一款基于嵌入式平台的多通道数据采集系统，该系统能够实时监测和采集传感器平台或电子设备的直流电信号和室内环境信息。系统包括数据采集卡、软件程序和上位机软件，支持USB转串口和蓝牙数据传输，以及Labview环境下的数据波形显示和数据库存储；胡卫鹏[5]等人提出了一种基于DSP的全数字旋转变压器解码系统，该系统包括信号处理器、激磁信号和正余弦信号调理电路；王亚京[6]等人设计了一种基于FPGA的旋转变压器信号解码方案，使用AD2S1210旋变数字转换芯片简化了信号解码过程；李晓杰[7]做了基于功能安全的双冗余旋转变压器软件解码的研究，提高了新能源汽车中永磁同步电机（PMSM）控制系统的可靠性；张兵兵[8]对旋转变压器的永磁同步电机转子初始位置检测进行了研究，提出了电流矢量控制法、母线电流查表法和电压标量解耦法三种不同的检测方法。他的发现可以提高检测精度，简化硬件需求，提高电机控制系统的稳定性；姜文喜[9]等人对旋转变压器自动测试系统进行设计与实现，他们设计的系统基于嵌入式工控机、伺服驱动、高精度编码器和电压测试仪，能够自动记录测试数据并判断合格性，提高了测试效率和稳定性；张艳丽[10]等人发现旋转变压器在接线错误时可能导致的机械零位和电气零位不一致的问题，为了解决这一问题，他们提出了函数列表分析法和公式分析法；刘继磊[11]等人为了满足数字化交流伺服系统中位置反馈的性能要求，对新型磁阻式旋转变压器的工作原理进行研究，他们提出了一种新的解码方法，这种方法与专用解码芯片的性能进行了比较，验证了新方法的准确性和稳定性；薛开昶[12]等人发现了航空发动机用高速起动发电机中磁阻旋转变压器受到的电磁干扰问题，针对这一问题，他们提出了磁场耦合和电场耦合干扰的抑制方法；王迪[13]研究了交流伺服系统中旋转变压器位置传感器的多种解码方式，他为了提高位置解算精度并降低计算延时和硬件成本，实现了位置角的开环和闭环解算，通过实验验证了方法的可行性和有效性；黄润东[14]等人主要研究了旋转变压器在伺服控制系统中的应用，特别是在转子位置检测方面的应用。赵壮[15]研究了旋转编码器的工作原理，从中分析出旋转变压器的传感原理及输出信号中的非理想因素；张云昌[16]设计的动态数据采集系统是集信号采集、信号分析与信号源功能于一体的系统；王俊峰[17]等人设计了一套应用于动态应变数据的采集存储系统,并进行了应变式传感器静态特性实验；安书董[18]等人提出了一种既经济又高效的旋转变压器数字转换技术，该技术以较高的准确度为特点。其主要概念是利用一个三阶有理分式多项式逼近来实现正弦波信号向伪线性信号的转换，并覆盖了整个0°至360°的范围。通过应用多项式最小二乘拟合技术进行误差校正，最终得到精确的角度测量。这一方法显著提升了角度测量的精确性和响应速度。刘计龙[19]等人提出了一种新颖的技术，它只依赖于信号的交替伪线性段，有效避免了在高非线性峰值区域信号比较时的精度损失问题。这种技术的应用显著提升了转换装置的整体精确度。此外，该方案不仅实现起来简单直观，还展现出了对传感器激励信号幅度波动的出色抗干扰能力。杨瑞峰[20]等人介绍了一种解决由激励频率限制采样频率，进而在捕获的包络信号中引起较大量化误差问题的新方法，该方法和同步峰值检测法相比，这种技术可以显著降低包络检测过程中的量化误差，从而提升检测的准确性。

我国在旋转变压器解码研究方面取得了一定的进展，但相比国际上的研究水平还有一定的差距。未来，我国的研究者将继续加大对旋转变压器解码技术的研究力度来提高解码算法的准确性和系统的实时性，进一步推动旋转变压器解码领域的发展和应用。

* + 1. 国外研究现状

相较于国内，国外在旋转变压器解码技术领域的探索起步更早，已发展至较为成熟的阶段。许多海外的研究组织和企业都在这个领域取得了显著的研究成果，下面对国外旋转变压器解码研究方面进行介绍。

在国外科学家们开展了一些实际应用方面的研究。在电力系统领域，他们利用旋转变压器解码技术进行故障检测和定位，这种技术能够快速准确地确定变压器故障的位置，提高系统的可靠性和稳定性。Wu Haiyue[21]等人提出了一种基于Transformer的分类器,这种分类器除了可以检测新颖的故障检测外,还可以高效地识别不同的已知类型和严重程度的故障条件。在能源管理和电能质量监测等领域，也有旋转变压器解码技术的应用，这些应用优化了电力负荷的智能控制。

在解码算法方面，国外研究者设计了多种不同的解码算法。这些算法包括频谱分析、小波分析、模式识别和统计学方法等。Yu Anbo[22]等人提出了一种在电机控制系统中同时集成硬件解码和软件解码的方法。这种方法使解码芯片和软件解码同时获得角度数据,提供冗余提高了电控系统的功能安全性，他们通过实验验证了所提出的硬件解码和软件解码同时操作的有效性。Sharma A[23]等人发现了一种基于遗传算法来优化III型软件RDC参数的方法，提高了角度估计的精确度。这种方法对比传统方法不仅响应迅速，而且在抗噪声干扰方面表现出色。文献[24]提出了一种改进的算法，该算法通过同步解调旋转变压器的输出信号来提取在高速和低速条件下转子的角度信息。该研究还开发了一种基于转子角度正弦和余弦值的符号与绝对大小的估计方法，用以确定合适的观测器初始设置值。M. Guo[25]等人 提出了一种基于解码芯片AD2S1205的旋转变压器解码系统，这个系统通过C语言编程进行实现，能够有效地计算并获取转子的位置信息。Costamilan E[26]等人介绍了一种基于现场可编程门阵列的旋转变压器解码算法，这种算法优化了闭环跟踪方面，结合了改进型的坐标旋转数字计算机算法。这种新算法不仅展现出更优的线性特性，而且在维持解码精度的同时，实现了更快的响应速度。

在硬件技术方面国外研究者也开发了一些高精度的数据采集和处理系统。这些系统采用了先进的模数转换器和数字信号处理器，具有高速、高分辨率和低噪声等特点，能够满足对变压器信号进行实时采集和处理的需求。Martin V.R.等人[27]在传统CORDIC算法的基础上进行了扩展，成功将硬件解码的能力扩展至全360°范围。该系统不仅确保了实时处理的需求，还提供了精确的解码结果，能够在规定的时间内，以高准确度并行处理多达四台旋转变压器的信号解码。同时，文献[28]介绍了一个基于ARM架构的紧凑型双轴旋转变压器解码模块。该模块在精度、能耗和可靠性方面表现出显著的优势，并且因其便携性而更加实用。KEstrabis T[28]介绍了一种使用RDC芯片AD2S1210构建的旋转变压器解码电路方案。该方案展现出较高的精确度和稳定性。F. A. Monteiro[30]为了解决旋转变压器解码过程中微处理器资源消耗过高的问题提出了一种创新方法。这种方法通过使用外部激励源替代微处理器执行解码任务，减轻了微处理器的负载，克服了硬件中潜在的非预期因素，这些因素可能会引起同步脉冲的瞬间偏差，进而影响包络测量的准确性。在高速域,利用永磁同步电机的扩展电动势进行角度估计。在包括静止在内的低速域,通过交替注入的方法来利用电机的各向异性特性。在某大型民用飞机副翼作动器试验台架上对控制算法的性能进行了评估。

国外在旋转变压器解码研究方面取得了显著的成果，在实际应用中取得了一定的进展，其具有先进的解码算法、高精度的硬件技术和广泛的应用领域。国外的研究者将继续拓展旋转变压器解码技术的研究深度和广度，并促进其在能源、电力系统和电动车等领域的应用，以推动该技术的进一步发展。

旋转变压器解码的研究具有重要的理论和实际意义。旋转变压器解码的研究可以提高能源利用效率、改善电力系统稳定性、推动智能电网建设、促进电动车发展以及推动智能化制造和工业自动化。该技术的应用与发展将有助于实现可持续发展和绿色能源的目标。

* 1. 本文的主要工作
     1. 本课题要研究或解决的问题

1 111111111111111

* + 1. 本文的章节安排

11111111111111111

参考文献

1. 周雪纯.旋转变压器解码方法研究[D].湖南工业大学,2022.DOI:10.27730/d.cnki.ghngy.20 22.000274.
2. 董友波.电机驱动MCU的旋转变压器解码系统设计与实现[D].电子科技大学,2023.
3. 唐源,吴昊,颜达鹏等.隔离型磁阻式多极旋转变压器技术研究[J].核动力工程,2022,43(S2):189-195.DOI:10.13832/j.jnpe.2022.S2.0189.
4. 李茂泉.基于嵌入式的多通道数据采集系统设计[D].内蒙古大学,2021.DOI:10.27224/d.cnki.gnmdu.2021.000717.
5. 胡卫鹏,刘峰,王轩.全数字式旋转变压器的解码设计[J].火控雷达技术,2023,52(02):137-141.DOI:10.19472/j.cnki.1008-8652.2023.02.023.
6. 王亚京,包鹏赞,陈金香等. 基于FPGA的旋转变压器信号解码设计[J]. 电子设计工程, 2022,30(24)75-78+85. DOI:10.14022/j.issn1674-6236.2022.24.016.
7. 李晓杰.基于功能安全的双冗余旋转变压器软件解码研究[J].微特电机, 2023, 51(01): 14-18. DOI:10.20026/j.cnki.ssemj.2023.0007.
8. 张兵兵.基于旋转变压器的永磁同步电机转子初始位置检测[D].江苏科技大学, 2022.DOI:10.27171/d.cnki.ghdcc.2022.000032.
9. 姜文喜,吴玉新,刘建学.旋转变压器自动测试系统的设计实现[C]//陕西省机械工程学会2018年论文汇编.西安微电机研究所;2022: 3. DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.006555.
10. 张艳丽,任双华,王健.旋转变压器接线故障分析法的研究[J].微特电机, 2022,50(01): 32-35.
11. 刘继磊,杨毅,高志民. 基于新型磁阻式旋转变压器解码问题研究[J].微特电机,2021, 49(07):50-52+56.
12. 薛开昶,陈强,罗宗鑫等.磁阻旋转变压器位置检测的电磁干扰抑制方法[J].微电机, 2021,54 (03):73-77.DOI:10.15934/j.cnki.micromotors.2021.03.014.
13. 王迪. 交流伺服系统位置解码算法及控制策略研究[D]. 浙江大学, 2021. DOI:10.27461/d.cnki.gzjdx.2021.000250.
14. 黄润东.旋转变压器的全数字轴角转换技术研究[D].华中科技大学,2020.DOI:10.27157/d.cnki.ghzku.2020.002975.
15. 赵壮.基于旋转编码器的信号处理电路研究[D].西安电子科技大学,2021.DOI:10.27389/d.cnki.gxadu.2021.000907.
16. 张云昌. 多通道动态数据采集系统的研究与实现[D].南京航空航天大学,2011.
17. 王俊峰,李晋英,尤文斌等.动态应变数据采集存储系统的设计[J].传感器世界,2014,20(05)39-42. DOI:10.16204/j.cnki.sw.2014.05.004.
18. 安书董,李明,马小博,李亚锋,索晓杰.基于高精度数字解码 RDC 芯片的旋转变压器解调方法[J]. 航空计算技术,2019,49(05):117-120.
19. 刘计龙,肖飞,麦志勤,等.一种简便高效的旋转变压器位置信号滤波算法[J].电力电子技术,2017,51(6):95-97.
20. 杨瑞峰, 张伟鹏, 郭晨霞,等.旋转变压器误差抑制与解码技术的研究[J].微电机,2020,v.53;No.314(02):62-66+72.
21. Haiyue W ,J. M T ,W. J S . A transformer-based approach for novel fault detection and fault classification/diagnosis in manufacturing: A rotary system application [J].Journal of Manufacturing Systems, 2023, 67 439-452.
22. Anbo Y ,Chenyu W ,Xiaoqiang G , et al. New Rotor Position Redundancy Decoding Method Based on Resolver Decoder. [J].Micromachines,2022,13(6):903-903.
23. Sharma A , Kumar P , Vinayak H K , et al. Hilbert transform and spectral kurtosis based approach in identifying the health state of retrofitted old steel truss bridge[J]. World Journal of Engineering, 2021, ahead-of-print(ahead-of-print).
24. Condition assessment of retrofitted steel truss bridge through fused Hilbert transform and frequency resolution enhancing techniques.
25. M. Guo, Z. Wu and H. Qin. Harmonics Reduction for Resolver-to-Digital Conversion via Second-Order Generalized Integrator With Frequency-Locked Loop[J]. IEEE Sensors Journal, 2021, 6(21): 8209-8217 .
26. Costamilan E , Lw A M , Awruch M , et al. Experimental damping ratio evaluation using Hilbert transform in filament-wound composite plates[J]. Polymers and Polymer Composites, 2021(2):096739112110020.
27. Martin V.R., R.D.Jesus Romero-Troncoso, Roque Alfredo O.R.,et al. Detection and Classification of Single and Combined Power Quality Disturbances Using Neural Networks[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2014, 61(5): 2473-2482.
28. Khaburi D A . Software-Based Resolver-to-Digital Converter for DSP-Based Drives Using an Improved Angle-Tracking Observer[J]. IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement, 2012, 61(4):922-929.
29. Estrabis T , Gentil G , Cordero R . Development of a Resolver-to-Digital Converter Based on Second-Order Difference Generalized Predictive Control[J]. Energies, 2021, 14.
30. F. A. Monteiro, T. Estrabis, R. Cordero, J. Montemor and J. O. P. Pinto. Tuning of a Type-III Software-Based Resolver-to-Digital Converter through Genetic Algorithm[J]. IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 2020, 576-581.

致谢