

同行专家业内评价意见书编号： 20250858244

附件1

**浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）
同行专家业内评价意见书**

姓名： 杨哲斌

学号： 22260070

申报工程师职称专业类别（领域）： 能源动力

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月29日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

（一）基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

一、专业理论知识

1.

电机学与电力电子：深入理解永磁同步电机（PMSM）的数学模型，包括在两相静止坐标系（ $\alpha-\beta$ ）和旋转坐标系（d-q）下的电压方程、磁链方程及转矩生成机理；掌握空间矢量脉宽调制（SVPWM）技术原理及其在变频控制中的实现方法。

2.

控制理论：熟悉经典PID控制、矢量控制（FOC）及现代控制算法（如迭代学习控制、滑模观测器等），能结合频域/时域分析优化系统动态响应。

3.

信号处理：具备转速/位置估算中的高频信号注入法、滑模观测器等无传感器算法的理论基础，理解电流误差模型的构建与解耦方法。

二、专业技术知识

1.

无位置传感器控制：针对压缩机恶劣工况，研究基于反电动势观测的转速估算策略，提出角速度反馈修正算法，将估算误差降至1%以下，解决了传统方法抗扰性差的问题。

2.

低频脉动抑制：结合压缩机负载特性（转矩周期性脉动），提出基于迭代的转矩跟踪电流校正算法，通过特征滤波和误差补偿，显著降低转速脉动（降幅50%）。

3.

工程化应用：熟悉压缩机系统集成技术，包括变频器硬件设计（如IGBT驱动保护电路）、软件架构（DSP代码实现）及实验验证方法（如阶跃响应、频域分析等）。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

在压缩机变频控制技术的研究与开发过程中，本人深入参与企业合作项目，针对空调系统高效化、低噪声化的工程需求，主导并完成了多项关键技术攻关与产业化应用验证。

1. 无位置传感器控制技术研发：针对某知名空调厂商提出的“压缩机高频振动与低速控制不稳定”问题，研究一种基于角速度反馈修正的无位置传感器算法。通过优化电流误差解耦策略，提高了无位置传感器算法的估算精度，解决了传统方法因反电动势微弱导致的估算失效问题。

2. 低频转速脉动抑制：结合用户反馈的空调压缩机存在转速脉动大等问题，提出迭代学习+转矩前馈补偿的复合控制策略。通过实验标定负载谐波特征，设计自适应滤波函数，最终将转速脉动幅值降低到原来的一半，有效抑制压缩机低频转矩脉动。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

空调压缩机无传感器变频控制与低频脉动抑制技术研发

京马电机有限公司在与相关空调企业的合作中，企业反馈其变频空调产品存在以下技术瓶颈：由于压缩机内部安装环境恶劣，空间狭小，无法安装位置传感器，导致无法获得压缩机的实际速度与位置，需要采用无位置传感器速度估算策略，其估测精度及抗扰性能决定了系统运行稳定性与可靠性；更为关键的是，在低频运行范围内，由于单转子压缩机不对称曲轴设

计, 导致压缩机电机负载产生转矩脉动, 从而引起转速剧烈变化, 使得压缩机存在转速脉动大等问题, 对空调系统的舒适性与可靠性造成严重影响。该问题涉及电机设计、控制算法、电力电子、机械振动等多学科交叉, 需综合解决信号处理精度、实时控制鲁棒性、机电耦合振动等复杂工程问题。

一、系统分析及技术路线

从系统分析角度出发, 以电机控制作为核心思想, 对系统进行建模分析和压缩机内部结构展开分析, 针对压缩机变频控制技术的优势及面临的技术瓶颈进行梳理, 并基于压缩机内部结构特性, 对比不同模型下的无位置传感器估算策略与转速脉动抑制策略, 对现有方法进行归纳总结。为了简化控制模型, 在两相静止坐标系与两相旋转坐标下, 建立了内置式永磁同步电机数学模型; 在此基础上, 采用了一种适用于空调压缩机电机的矢量控制策略, 其中, 低速-

中高速矢量控制策略、SVPWM调制技术作为矢量控制的核心, 针对内部原理与实现方式进行阐述。此外, 针对压缩机内部结构特性, 分析压缩机的负载转矩特性和转速脉动时域特性, 并分析得到压缩机转速脉动分量主要是由转速基波构成。并设计技术路线, 主要从

“高精度无位置传感器估测+转速脉动抑制”两个方面展开。1.

高精度无位置传感器估测算法设计, 首先分析无位置传感器速度估算原理, 并建立估算电流误差模型, 在此基础上, 采用角速度解耦模块, 从估算电流误差中提取角速度; 同时, 设计角速度修正模块, 对角速度进行校正补偿, 并针对算法的扰动性进行分析。2.

转速脉动抑制算法设计, 首先对压缩机的周期性转速脉动频域特性进行分析, 然后引入迭代学习算法, 获得转矩跟踪电流, 同时分析传统迭代学习算法的不足; 在此基础上, 提出特征滤波函数, 用来提取转矩跟踪电流基波分量, 有效抑制特定次频率的转速脉动, 并引入转矩跟踪电流误差校正律, 对转矩跟踪电流与参考交轴电流的误差进行校正, 进一步获得前馈补偿电流, 施加到参考交轴电流中。

二、关键技术突破与实施过程

1. 无位置传感器控制优化

(1) 建立估算电流误差模型, 设计角速度修正模块, 通过对估算电流误差进行解耦, 获得角速度与位置信息, 实现压缩机电机速度的初步估算。

(2) 设计角速度修正模块, 引入修正函数, 并进行bode图分析, 并分析算法扰动性, 实现压缩机电机的角速度校正。

(3) 搭建实验平台, 设计压缩机电机控制算法的稳态与动态实验, 实验表明本章所提的算法的估测转速相对误差率在1%以下, 估测精度提高, 且抗扰能力良好。

2. 低频转速脉动抑制

(1) 通过引入特征滤波函数提取转矩跟踪电流中的基波分量, 进一步对比传统迭代学习算法, 能够显著提升在特定次频率处的压缩机转速脉动抑制效果。

(2) 基于特征滤波函数, 构建转矩跟踪电流误差校正律, 对转矩跟踪电流和交轴参考电流的误差进行实时修正, 能够防止传统迭代学习方法中误差的不断累积问题, 提高电流的跟踪性能。

(3) 最后通过实验结果证明采用本文所提的转速脉动抑制算法后, 可以实现运行过程中参数自适应变化, 无需依赖离线查表补偿, 能够获得较好的转速脉动抑制效果, 且算法在动态运行和稳态运行下表现良好。

三、实验验证

1. 无位置传感器估算精度提高

在给定运行频率为20Hz (1200rpm)、40Hz (2400rpm)、60Hz (3600rpm) 下, 所提基于角速度反馈修正的无位置传感器估算策略的估算转速相对误差率分别为0.67%、0.46%、0.42%, 相对误差率在1%以下, 可以显著提高估算性能。同时, 当增益参数 $\alpha = 300$ 时, 所提估算策略的转速脉动THD分别为11.48%、13.38%、28.08%, 略低于增益参数 $\alpha = 500$ 的THD, 算法的参

数敏感性较低。同时进行压缩机电机的动态实验下，空调压缩机可以稳定运行，算法抗扰能力强。

2. 转速脉动抑制效果显著

在给定机械频率10Hz（20Hz）下，与传统方法相比，所提算法的转速脉动峰峰值从530rpm（400rpm）抑制到220rpm（210rpm），转速脉动抑制率为41.5%（52.5%），且补偿电流波形接近负载转矩波形，低频转速脉动抑制效果显著。同时，在动态实验过程中，所提ECILC算法在0.18s后可以快速收敛，算法参数适应运行频率变化，且转速脉动抑制效果显著。

四、创新成果：

[1] 杨家强，杨哲斌，邓镭峰，

一种迭代学习单转子压缩机控制器的转矩脉动抑制方法，ZL202311009095.9，授权日期：2024.05.03（已授权、导师一作学生二作）

（二）取得的业绩（代表作）【限填3项，须提交证明原件（包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等）供核实，并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申 请时间等	刊物名称 /专利授权 或申请号等	本人 排名/ 总人 数	备注
一种迭代学习单转子压缩机控制器的转矩脉动抑制方法	授权发明专利	2024年05 月03日	专利号：ZL 2023110090 95.9	2/8	导师一作 学生二作

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

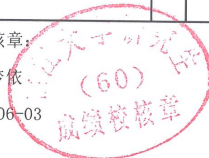
(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 86 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1.5 年（要求1年及以上） 考核成绩： 85 分
本人承诺	
个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！ 申报人签名：杨哲斌	

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

日常表现 考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价： ☒ 优秀 ☐ 良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）：周晶 2025年5月29日
申报材料 审核公示	根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下： ☐ 通过 ☐ 不通过（具体原因： 工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）：

攻读硕士学位研究生成绩表

打印日期: 2025-06-03



证书号第6969731号



发明专利证书

发明名称：一种迭代学习单转子压缩机控制器的转矩脉动抑制方法

发明人：杨家强;杨哲斌;邓镭峰;古汤汤;卓森庆;李发顺;许真鑫
张晓军

专利号：ZL 2023 1 1009095.9

专利申请日：2023年08月11日

专利权人：浙江大学;宁波奥克斯电气股份有限公司

地址：310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

授权公告日：2024年05月03日

授权公告号：CN 117118292 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨

