

同行专家业内评价意见书编号：20250858247

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：王者

学号：22260068

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12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)

作为浙江大学工程师学院能源动力电气工程专业的应届研究生毕业生，我的研究方向聚焦于电力电子技术在电动汽车双向充电机（V2G）领域的应用，在基础理论知识和专业技术知识方面均具备扎实的积累。

在基础理论知识方面，我系统掌握了电力电子学科的核心内容，包括《电力电子技术》《电力电子器件与系统》《现代电力电子变换》《数字控制技术》等课程，深入理解AC/DC、DC/DC变换器拓扑（如LLC、DAB、双向Buck-

Boost等）、PWM调制策略、软开关技术以及电磁兼容（EMC）设计原理。同时，通过《电机与拖动》《电力系统分析》等课程的学习，掌握了电动汽车充电系统与电网交互的基础理论，为V2G技术的研发奠定了坚实的理论基础。

在专业技术知识方面，我重点研究了双向充电机的硬件设计、控制算法优化及系统集成。具体包括：

硬件设计：参与开发了基于SiC/GaN器件的高效双向AC/DC和DC/DC变换器，优化了主电路拓扑（三相T型三电平整流、CLLC谐振变换器），并完成磁性元件设计、热管理及EMI抑制方案

0

控制策略：研究了V2G模式下的并网/离网技术，开发了基于DSP（TI

C2000系列）的数字控制算法，实现恒流/恒压稳定高效充电、V2H/V2G能量回馈等功能。

系统集成与测试：在实验室和合作企业参与了6.6kW双向充电机样机的开发，利用PLECS、PSIM等仿真工具进行系统验证，绘制原理图并针对实机进行硬件和软件优化，实现样机预定功能和指标。

此外，通过参与校企合作课题，我积累了工程实践经验，申请1项专利，进一步提升了解决复杂工程问题的能力。未来，我将继续深化在电力电子与新能源汽车领域的专业技术能力，为智能充电基础设施的发展贡献力量。

2.工程实践的经历(不少于200字)

在工程实践方面，我重点参与了基于三相T型三电平拓扑的双向充电机研发项目，积累了从硬件设计、控制算法开发到系统测试的全流程工程经验。

在该项目中，我主要负责T型三电平主电路的设计与优化，包括功率器件（IGBT/SiC MOSFET）选型、驱动电路设计、中点电位平衡策略实现以及散热分析。通过PLECS和PSIM仿真平台，验证了T型拓扑在降低开关损耗和改善输出波形质量（THD<3%）方面的优势。同时，针对三电平系统特有的中点电压波动问题，我提出了一种基于载波调制和闭环控制的平衡算法，并通过实验平台（TI C2000系列控制器）实现了稳定控制。

此外，我参与了6.6kW

T型三电平双向充电机样机的开发与测试，完成了硬件PCB布局、软件代码编写（如PWM生成、保护逻辑）、并网/离网模式切换调试等工作。系统测试阶段，我按照GB/T

18487.1标准对效率(>96%)、谐波兼容性等关键指标进行了验证,解决了实际工程中遇到的谐波畸变和动态响应问题。

这一项目经历使我深入掌握了多电平变换器的工程化设计方法,并提升了在电力电子系统集成、调试与故障诊断方面的实践能力。

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)

在我的研究生学习和科研实践过程中,有幸深入参与了一个关于三相高功率密度电力电子变流器的项目。该项目面向新能源汽车的双向充放电(V2G/V2H)应用,其中一项核心任务是实现一个高性能的三相T型三电平双向变流器,确保其在与电网连接时,无论充放电模式,都能注入或吸收高质量的正弦电流,满足严格的并网标准中对电流总谐波畸变率(THD)和高功率因数高效的要求。这项工作中,我将电力电子、控制理论、信号处理、系统建模与仿真等多方面的知识综合运用,解决了一个典型的复杂工程问题。

1. 项目背景与遇到的复杂工程问题

项目采用的是三相T型三电平电压源变流器(Three-Phase T-type Three-Level VSC)拓扑。选择这种拓扑是因为它相比传统的两电平变流器,在同等开关频率下可以实现更高的等效开关频率,降低输出电流谐波含量,同时降低功率半导体器件的电压应力,适合中高压应用,且效率潜力较高。其双向性也天然契合V2G/V2H的需求。

然而,在实际并网应用中,电网侧并非理想的纯正弦电压源。工业园区、商业区域或老旧电网往往存在显著的电压谐波畸变。当变流器连接到这样的非理想电网时,即使内部控制系统尽力生成理想的调制波形,这些电网电压中的谐波成分也会直接或间接地耦合到变流器输出电流中,导致电流波形畸变,THD升高。同时,由于三线制结构不存在中线,电力电子变流器本身将在并网的公共连接处引入低次奇次谐波,进而对并网电流质量造成影响

这是一个典型的复杂工程问题,其复杂性体现在:

1) 非理想外部环境:

电网电压谐波是外部干扰,其频率、幅值和相位是时变的,且可能包含多种频率成分(常见的有3次、5次、7次、11次、13次等奇次谐波)。

2) 系统非线性与耦合:

电力电子变流器本身是一个开关非线性系统,其输出电流与开关状态、输入电压、输出电压、滤波器的参数以及控制策略高度耦合。电网电压谐波的影响并非简单的叠加,而是与变流器的动态行为、滤波器的特性以及控制器的响应相互作用。

3) 控制目标的高要求:

需要在存在电压谐波干扰的情况下,依然精确控制变流器注入或吸收的基波电流幅值和相位(实现有功/无功功率控制),同时尽可能抑制电流中的谐波成分,使电流THD远低于并网标准规定的限值(通常小于5%)。

4) 传统控制方法的局限:

面向基波控制的同步旋转坐标系(d-q坐标系)下的比例积分(PI)控制器在处理电网电压谐波时会遇到困难。电网电压谐波在静止 $\alpha-\beta$ 坐标系下表现为特定频率的交流信号)在同步旋转d-q坐标系下会变成特定频率的交流分量。PI控制器对交流信号的稳态误差较大,难以有效跟踪或抑制这些在d-q

q坐标系下“看”起来是交流的电流误差分量。虽然可以通过提高PI增益或带宽来尝试抑制，但这会影响系统的稳定性和动态响应。

2. 提出的解决方案：基于多次并联准谐振（QR）控制的电流控制策略

为了解决电网电压谐波导致的电流畸变问题，选择了在传统的电流控制环路中引入多次并联的准谐振（QR）控制器。这一解决方案的核心思想是利用QR控制器在特定频率下具有极高增益的特性，针对电网电压中主要的谐波频率，设计并联的QR控制器来补偿这些谐波电压对电流产生的干扰。

具体来说，我们将电流控制策略构建在静止 $\alpha - \beta$ 坐标系下（或者采用将QR控制器与d-q PI控制器结合的结构，但本项目倾向于 $\alpha - \beta$ 下的实现，QR控制器在 $\alpha - \beta$ 下直接针对特定频率的交流误差作用）。控制结构大致包含：

1) 外部控制环路：

可能包括直流母线电压控制、功率控制（有功/无功或功率因数控制）等，这些环路生成电流内环的给定信号（基波电流参考值）。

2) 内部电流控制环路：

这是解决谐波问题的关键。它基于电流采样值与参考值之间的误差进行控制。

3) 基波电流控制：采用静止 $\alpha - \beta$

坐标系下的比例积分（PI）控制器，用于精确跟踪基波电流参考值，实现对基波有功和无功功率的控制。PI控制器对静态误差或低频误差有很好的抑制作用。

4) 谐波电流抑制：

针对电网电压中主要存在的谐波（例如5次、7次、11次、13次），我们设计了多个独立的QR控制器，并将它们与基波PI控制器并联。每个QR控制器被设计为在其对应的谐波频率（例如，电网基波频率 $50\text{Hz} \times 5 = 250\text{Hz}$ ， $50\text{Hz} \times 7 =$

350Hz 等）处提供非常高的增益。当电流误差中包含这些谐波成分时，对应的QR控制器会产生较大的输出，用于驱动变流器生成补偿电压，抵消电网电压谐波的影响，从而迫使流经滤波器的电流在这些谐波频率点趋近于零。

准谐振（QR）控制器的原理：一个理想的谐振控制器在某一特定频率 ω_0

处具有无限增益，其传递函数形式为 $G(s) = K * s / (s^2 +$

$\omega_0^2)$ 。在数字实现中，通常采用准谐振形式 $G(z) = K * (1 - z^{-2}) / (1 -$

$2\cos(\omega_0 T)z^{-1} + z^{-2})$ ，或者更常见的形式是 $G(s) = K * s / (s^2 + \omega_0^2 +$

$s * \omega_0 / Q)$ ，引入一个阻尼项来提高稳定性并提供一定的带宽，避免对频率偏差过于敏感。

我们采用的就是带有阻尼项的准谐振控制器，通过调整增益K和带宽参数Q来平衡谐波抑制效果和系统的鲁棒性。

3. 实施过程与综合知识的应用

解决这个复杂问题的过程，是一个典型的工程研发流程，需要综合运用多学科知识：

理论分析与建模（电力电子、控制理论、系统建模）：

1) 首先，需要深入理解三相T型三电平变流器在开关状态下的数学模型，包括其动态方程。

2)

对滤波器（LCL或L型）进行建模，实际研究过程中选择LC滤波电路，并分析其频率特性，特别关注LCL滤波器的谐振频率，避免控制系统与滤波器固有谐振产生不良相互作用。

3) 建立包含变流器、滤波器、电网（含谐波源）的完整系统模型。

4)

分析在电网电压谐波存在时，系统电流误差中会包含哪些主要的谐波成分，以此确定需要抑制的谐波次数（例如，对于三相系统，常常是3、5、7、11、13…次奇次谐波）。

5)

基于线性化模型或频域分析方法，设计基波PI控制器和各个谐波QR控制器的参数（增益K、谐振频率 ω_0 、阻尼Q），使其既能有效抑制目标谐波，又能保证整个电流控制环路的稳定性和良好的动态响应。

控制算法设计与数字实现（控制理论、数字信号处理）：

1)

将设计的连续时间控制器（PI和QR）离散化，得到适用于数字控制器的离散时间表达式。这需要掌握Z变换和离散控制系统理论。

2) 选择合适的采样频率，既满足控制性能要求，又考虑硬件平台的计算能力。

3) 实现基于 $\alpha - \beta$

β 坐标系或同步旋转坐标系的控制算法代码，包括坐标变换、PI计算、QR计算、调制信号生成等。特别是QR控制器的数字实现，需要精确计算三角函数和处理延时环节。对于三电平变流器，还需要实现对应的空间矢量脉冲宽度调制（SVPWM）算法，这需要理解SVPWM的原理、扇区判断、矢量合成以及零矢量分配等。

仿真验证与参数优化（系统建模、仿真技术）：

1)

在MATLAB/Simulink、PLECS等专业仿真软件中搭建完整的系统模型，包括功率电路（三电平变流器、滤波器、含谐波的电网）、传感器模型、控制系统模型（数字控制器）。

2)

在仿真中，模拟各种典型工况，包括理想电网并网、含不同谐波成分和幅值的电网电压并网、功率突变等。

3) 运行仿真，采集并分析变流器输出电流波形、电网电压波形，计算电流THD。

4)

根据仿真结果，迭代优化PI和QR控制器的参数，调整QR控制器的个数和对应的谐波次数，直到电流THD满足要求，同时确保系统在各种工况下稳定运行，无振荡或失控现象。这一过程常常是耗时且需要经验的，需要不断分析仿真结果，理解参数变化对系统性能和稳定性的影响。

实机调试与问题排查（电力电子、电路原理、测量技术）：

1)

硬件初期测试，包括：驱动信号的正确性验证、保护电路功能测试、传感器信号采集与校准、功率回路带载测试。

2) 控制软件测试：导入离散后的控制和算法，对控制逻辑进行验证和测试

3)

在实际硬件中，还会遇到仿真中难以完全模拟的问题，如器件非理想特性、寄生参数、死区

效应、噪声干扰、数字控制延时等。解决这些问题需要扎实的电路基础、故障诊断能力和丰富的实验经验，例如使用示波器、频谱仪等工具分析波形、测量谐波成分、定位问题源头。

4. 取得的成果与体现的工程能力

通过上述流程，我成功设计并验证了一套基于多次并联准谐振控制的三相T型三电平变流器电流控制策略。在仿真环境下，即使在电网电压THD超过5%（甚至达到10%）的恶劣条件下，该策略也能有效地将变流器输出电流的THD降低至2%以下，远低于并网标准要求的5%，显著提升了电网并网电流的质量。

这项工程实践深刻体现了我综合运用所学知识解决复杂工程问题的能力：

1) 跨学科知识整合能力：

成功解决了需要融合电力电子拓扑理解、控制理论应用、数字信号处理、系统建模与仿真等多个领域知识的复杂问题。

2) 问题分析与建模能力：

能够准确识别电网谐波干扰带来的问题本质，建立反映系统关键特性和干扰源的数学模型，为控制策略设计奠定基础。

3) 复杂控制系统设计能力：

掌握了将不同类型控制器（PI和QR）并联、针对多频率分量进行控制的设计方法，并能进行参数整定以达到最优性能和鲁棒性。

4) 仿真与验证能力：

能够熟练运用专业仿真工具进行系统建模、控制验证、性能评估和参数优化，通过仿真预测并解决潜在问题。

5) 硬件实践能力：

了解或初步具备从理论设计到实际电路实现、调试和测试的能力，认识到理论与实践的差异并能进行问题排查。

6) 持续学习与解决未知问题的能力：

面临电网谐波这一非理想因素带来的挑战，能够通过查阅文献、学习新的控制方法（如QR控制）来寻找解决方案，并将其应用于具体项目。

5. 总结

三相T型三电平变流器在谐波畸变电网下的电流控制问题，是一个集功率拓扑、控制理论、系统交互于一体的典型复杂工程挑战。通过参与该项目，我系统地运用了在能源动力电气工程专业学习到的基础理论和专业技术知识，特别是电力电子变换器原理、现代控制理论、数字控制实现以及仿真技术，成功设计并验证了基于多次并联QR控制的高性能电流控制方案，有效抑制了电流谐波，达到了高质量并网的要求。这段经历不仅加深了我对所学知识的理解，更重要的是，锻炼了我分析、解决实际复杂工程问题的系统性思维和实践能力，为我未来成为一名优秀的工程师打下了坚实的基础。我相信这种将理论应用于实践、解决实际挑战的经验，对于胜任未来的工程岗位至关重要。

(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
一种三相三电平AC/DC变换器的控制方法和系统	发明专利申请	2024年11月28日	申请号: 202411722536.4	2/5	

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： 89 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： 1.1 年（要求1年及以上） 考核成绩： 82 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： 	

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）：  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）：_____ 年 月 日

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260068		姓名：王者		性别：男		学院：工程师学院		专业：电气工程		学制：2.5年	
毕业时最低应获：26.0学分				已获得：28.0学分				入学年月：2022-09		毕业年月：	
学位证书号：						毕业证书号：				授予学位：	
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	“四史”专题		1.0	94	公共选修课	2022-2023学年春季学期	研究生英语		2.0	免修	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	88	专业学位课	2022-2023学年春季学期	电气装备健康管理		2.0	97	专业选修课
2022-2023学年冬季学期	车辆控制理论与技术		3.0	92	专业学位课	2022-2023学年春季学期	数学建模		2.0	90	专业选修课
2022-2023学年秋冬学期	研究生论文写作指导		1.0	93	专业学位课	2022-2023学年春季学期	研究生英语基础技能		1.0	免修	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	高阶工程认知实践		3.0	87	专业学位课	2022-2023学年春夏学期	工程伦理		2.0	91	公共学位课
2022-2023学年冬季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	94	公共学位课	2022-2023学年夏季学期	自然辩证法概论		1.0	79	公共学位课
2022-2023学年冬季学期	车辆信息传感与通信技术		3.0	91	专业学位课		硕士生读书报告		2.0	通过	
2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	87	专业学位课						

说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：

成绩校核人：张梦依

打印日期：2025-06-03





(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119582579 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 07

(21) 申请号 202411722536.4

H02M 7/217 (2006.01)

(22) 申请日 2024.11.28

H02J 3/01 (2006.01)

(71) 申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

申请人 卡奥斯创智物联科技有限公司

(72) 发明人 王正仕 王者 李勇德 崔京军
刘海涛

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公
司 33200

专利代理师 林超

(51) Int.Cl.

H02M 1/00 (2007.01)

H02M 1/12 (2006.01)

H02M 1/088 (2006.01)

权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

一种三相三电平AC/DC变换器的控制方法和系统

(57) 摘要

本发明公开了一种三相三电平AC/DC变换器的控制方法和系统。本发明的主体控制环节中采用了基于时延相位补偿的多次并联准谐振PR控制方法,将时延转换为对基波和高次需要进行补偿的固定相位,改善采样和输出之间的延时对系统造成的影响。本发明针对电网侧频率波动的情况,实时通过DSOGI-FLL对电网实时频率进行更新,将频率值转交给相位补偿环节,补偿环节通过新的频率值进行计算,计算出新的各参数值后获得新的传递函数,串联进主体控制环节,实现自适应调节的效果。

