同行专家业内评价意见书编号: _20250858246

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: ______ 王嘉辉

学号: <u>22260129</u>

浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)制

2025年05月26日

1

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)

在基础理论方面,我深入学习了虚拟同步机(VSG)控制、下垂控制(Droop

Control)和多电平拓扑(如NPC、CHB、ANPC等)的基本原理和实现方法。这些技术是构网 控制的核心,能够有效提高电力系统的稳定性和动态性能。例如,虚拟同步机通过模拟传统 同步发电机的惯性和阻尼特性,使逆变器在孤岛和并网模式下都能稳定运行;下垂控制通过 调整电压和频率的下垂特性,实现多逆变器的功率分配;多电平拓扑通过降低开关损耗和谐 波含量,提高电能质量。

在专业技术方面,我掌握了构网控制的具体实现方法和应用场景。例如,在分布式发电系统中,虚拟同步机控制能够有效提高系统的稳定性和可靠性;在微电网中,下垂控制能够实现 多逆变器的无缝切换和功率分配;在高压直流输电中,多电平拓扑能够有效降低谐波含量, 提高系统的传输效率。此外,我还学习了构网控制在智能电网、储能系统和电动汽车充电站 中的应用,能够根据不同的应用场景选择合适的控制策略。

通过理论学习和实践应用,我不仅掌握了构网控制的基础理论知识,还能够灵活运用这些知识解决实际问题,为电力系统的稳定运行和高效管理提供了有力支持。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

在实践过程中,我参与了10kW三相T型三电平变流器样机的搭建工作。该样机基于SiC MOSFET和LCL滤波器设计.在硬件设计中,我选择了合适的SiC

MOSFET和驱动器,确保其能够承受高电压和高开关频率。同时,设计了LCL滤波器以减小磁性元件的尺寸并提高效率。在电路板设计中,我优化了PCB布局,确保良好的EMI性能和热管理,并使用隔离式电流检测模块进行负载电流监测。软件开发方面,我实现了基于DQ域的三相控制算法,并优化了电流环路和电压环路的动态响应。通过硬件和HIL平台的测试,样机在不同负载条件下表现出高效率和低谐波失真,验证了设计的正确性和性能。这段实践不仅加深了我对T型三电平变流器的理解,也为我积累了宝贵的工程经验。

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)

在实际工作中运用所学硬件知识与所学构网控制方法搭建了一台10kW三相T型三电平变流器 样机。

其中DSP选用了TI公司的TMS320F28335,作为整个样机控制的核心,其负责接收采样电路得到的电压电流模拟信号,并通过其内部的A/D模块将其转化为数字信号作用于控制程序中,最后根据具体的控制算法生成PWM信号和保护信号传递到开关驱动电路中实现对开关管的控制。此外,DSP还负责CAN和RS485通信、继电器控制等功能,以便实现与上位机的通信以及变流器模式切换、功率控制等功能。

在开关管型号的选择方面,由于竖管需要承受整个直流母线的电压800V,而横管仅需承受一半的直流母线电压400V。因此,选择Infineon公司的耐压为1200V的IMZ120R030M1H SiC MOSFET作为竖管,选择Infineon公司耐压为650V的IMZA65R030M1H SiC

MOSFET作为横管。此外,这两种型号的开关管都采用T0247-

4封装,具有开尔文源极,有助于降低寄生电感减小开关损耗。

使用差分电路对电压进行采样。为了避免在控制板上引入强电,先在功率板上采用分压电阻 对电压信号进行降压处理,之后通过排线将处理后的电压信号传输到控制板上提供给运放电 路,经过运放电路的进一步处理后便可得到供DSP使用的电压模拟信号。其中,差分电路中 的分压电阻均采用千分之一精度的高精度电阻以减小采样误差,运放电路采用了TI公司的OP A4350高性能运算放大器,其单电源供电以及轨到轨输入输出特性方便其对电压信号进行处理,同时,其内部集成了四通道运放,也十分适合作为三相系统的采样信号处理设备。电流传感器采用了LEM公司生产的一款基于闭环磁通门技术的紧凑型电流传感器CASR25-NP。该类型电流传感器具有高精度,低温漂,体积小,抗干扰能力强等优点,其自身的REF 引脚具备为输出信号提供偏置的能力,可以直接输入到DSP中,不过考虑到后续需要通过排线将信号传递到控制板上,在电流传感器输出的后级加入了电压跟随器以减小干扰,确保电流采样的精度。

开关驱动电路中驱动芯片采用了TI公司的UCC21520隔离式双通道栅极驱动器,采用3.3V输入与18V输出,适合对MOSFET进行驱动。此外,T型三电平的驱动设计必须要满足以下约束条件,以A相为例,Sa4的驱动信号可以由Sa1的驱动信号翻转得到,因此可以借助DSP中的EPWM功能添加软件死区,Sa3与Sa2也是同理,Sa1与Sa2之间则可以采用UCC21520的硬件死区功能添加死区,综合考虑管子的开关速度以及驱动电路的响应速度,将硬件死区与软件死区时间均配置为150ns。

根据上述的分析搭建了三相T型三电平变流器样机,除了以上介绍的关键组成部分之外,还 为样机搭配了标准机柜外壳、散热风扇、触控屏、辅助电源模块以及交直流侧空气开关。 (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】

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】

1.

2

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
Power Decoupling Method for Droop- controlled Converter Based on Reactive Power Compensation	会议论文	2025年02 月25日	2025 IEEE Internatio nal Conference on Power and Integrated Energy Systems (ICPIES 2025)	1/7	EI会议收 录
一种考虑功率耦合的并 网储能 VSG 惯量自适应控制方法	发明专利申请	2025年04 月02日	申请号: 20 2510405013 .5	1/7	

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: 88 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: 1.2 年(要求1年及以上) 考核成绩: 76 分							
本人承诺								
个人声明:本人」 ,特此声明!	上述所填资料均为真实有效,如有虚假,愿承担一切责任							
申报人签名: 72-24								

二、日常新	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: 口优秀 □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):
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

	1				<u>~~</u> ~		1 JULL MARKIN					
学号: 22260129	姓名:王嘉辉	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: 24.0学分 已获得: 29.0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	研究生英语			2.0	免修	公共学位课	2022-2023学年秋冬学期	研究生论文写作指导		1.0	86	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿			1.5	85	专业学位课	2022-2023学年冬季学期	工程中的有限元方法		2.0	99	专业选修课
2022-2023学年秋季学期	新能源发电与变流技术			2.0	92	专业学位课	2022-2023学年秋冬学期	高阶工程认知实践		3.0	88	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	研究生英语能力提升			1.0	免修	跨专业课	2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	93	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	研究生英语基础技能			1.0	免修	公共学位课	2022-2023学年春季学期	自然辩证法概论		1.0	79	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	电子电力系统电磁兼容设计基础			2.0	84	专业选修课	2022-2023学年春季学期	工程伦理		2.0	94	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	电动汽车和混合动力汽车系统			1.0	98	专业选修课	2022-2023学年春夏学期	新时代中国特色社会主义理论与实践		2.0	86	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	工程管理			2.0	85	跨专业课		硕士生读书报告		2.0	通过	
2022-2023学年冬季学期	综合能源系统集成优化			2.0	91	专业学位课						
								21. TH.	-			

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: 子 (1 元) 成绩校核人: 张梦依 (60) 打印日期: 2025-06-03 读读模式章

Power decoupling method for droop-controlled converter based on reactive power compensation

Jiahui Wang* Polytechnic Institute Zhejiang University Hangzhou, China 22260129@zju.edu.cn Pengcheng Wang College of Electrical Engineering Zhejiang University Hangzhou, China pcwang03@zju.edu.cn Cheng Ling College of Electrical Engineering Zhejiang University Hangzhou, China 22210033@zju.edu.cn Xiaziru Xu College of Electrical Engineering Zhejiang University Hangzhou, China 22310118@zju.edu.cn

Ge Shan College of Electrical Engineering Zhejiang University Hangzhou, China 12410028@zju.edu.cn Feng Jiang College of Electrical Engineering Zhejiang University Hangzhou, China jiangfeng@zju.edu.cn Min Chen College of Electrical Engineering Taizhou Institute of Zhejiang University Zhejiang University Hangzhou, China calim@zju.edu.cn

Abstract—Converters with grid-forming (GFM) control strategy can provide support to the grid, which is regarded as an important measure to improve system stability. However, distributed generation (DG) units are usually connected to the low-voltage grid, and there is a serious power coupling problem between P and Q due to the large impedance ratio (R/X). Virtual impedance (VI) is the most commonly used power decoupling method, but its voltage compensation capability is limited, which makes its decoupling ability restricted. In this paper, the causes of power coupling are analyzed, and a droop-controlled converter decoupling method based on reactive power compensation is proposed to address the shortcomings of the traditional VI method, and simulations are built in PLECS to verify the correctness and effectiveness of the method.

Keywords—Power decoupling, grid-forming, droop control

I. INTRODUCTION

Under the trend of rapid development of renewable energy, more and more distributed generation (DG) devices are connected to the power grid, as most of the existing gridconnected converters use grid-following control (GFL), i.e., direct current control using phase-locked loop (PLL) synchronization principle. However, with the further increase of the scale of new energy grid-connected and the increase of transmission distance, the grid-connected point gradually shows the trend of weak grid, and the stability of the grid is reduced. In contrast, grid-forming control (GFM) uses power synchronization to connect the DG to the grid, such as droop control, virtual synchronous generator control, generalized droop control and power synchronization control. And their voltage source characteristics are effective in supporting weak grids, which makes them well suited for low-inertia, powerelectronics dominated grids.

However, all grid-forming controls, including droop control, encounter the power coupling problem, which is usually analyzed by assuming that the equivalent impedance of the transmission line between the output voltage of the converter and the voltage of the grid-connecting point is purely inductive or purely resistive. However, in practice, the transmission lines, especially the low-voltage lines, show resistive-inductive characteristics, which causes the coupling of active power and reactive power, affecting the control performance.

In order to realize the decoupling control of active power and reactive power in distributed generation devices, reference [1] proposes a virtual power control strategy by introducing a transformation matrix related to the line impedance, whose essence is the elimination of the power coupling in the control loop, while the actual active power and reactive power still exist in the coupling. References [2-3] introduced virtual frequency and virtual voltage through the transformation matrix to realize power decoupling, and the core idea of this method originates from virtual power control. Reference [4] used relative gain matrix to deeply analyze the power coupling mechanism and proposed a control method based on the objective function diagonalization decoupling. Another mainstream method of power decoupling control is the virtual impedance technique, which changes the resistance-inductance ratio of the system impedance by means of virtual inductance [5], virtual resistance [6], and virtual negative impedance [7] to achieve the purpose of decoupling. References [8] systematically analyzed the causes of various power decoupling methods and the reasons for the limited decoupling ability of virtual inductance, and proposed a q-axis voltage drop power decoupling control (QVPDC) to overcome the shortcomings of the virtual impedance, and although the power decoupling ability has been improved, the damping ability in the dynamic process has been reduced.

****P**

国家知识产权局

310012

杭州市西湖区天目山路 46 号宁波大厦 1301 室 杭州中成专利事务所 有限公司 周世骏(13588086849) 发文日:

2025年04月02日



申请号: 202510405013.5

发文序号: 2025040200333450

专利申请受理通知书

根据专利法第28条及其实施细则第43条、第44条的规定,申请人提出的专利申请已由国家知识产权局 受理。现将确定的申请号、申请日等信息通知如下:

申请号: 2025104050135 申请日: 2025年04月02日 申请人:浙江大学台州研究院,浙江大学 发明人: 王嘉辉,江峰,陈敏,李博栋,凌骋,徐夏梓孺,单戈 发明创造名称: 一种考虑功率耦合的并网储能 VSG 惯量自适应控制方法 经核实,国家知识产权局确认收到文件如下: 权利要求书1份2页,权利要求项数: 6项 说明书附图1份2页 说明书附图1份2页 说明书摘要1份1页 专利代理委托书1份2页 发明专利请求书1份5页 实质审查请求书文件份数:1份 申请方案卷号: 25-212099-00076649

提示:

1.申请人收到专利申请受理通知书之后,认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时,可以向国家知识产权局 请求更正。

2.申请人收到专利申请受理通知书之后,再向国家知识产权局办理各种手续时,均应当准确、清晰地写明申请号。



审 查 员: 自动受理 联系电话: 010-62356655