

同行专家业内评价意见书编号： 20250858235

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： 师行健

学号： 22260125

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03月19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)

在本专业领域,我系统掌握了电力电子、功率半导体器件、热传导等相关的基础理论知识。我熟悉IGBT、SiC、GaN等新型功率半导体器件的工作原理、性能特点和应用,了解其在新能源变流器、电动汽车等领域的应用需求。同时,我深入学习了热传导、热应力、热老化等热力学理论,并将其应用于功率器件封装结构的设计与分析中。这些基础理论知识为我后续的工程实践奠定了坚实的基础。在专业技术知识方面,我掌握了功率器件焊料层老化的表征方法,如采用X射线成像技术进行非破坏性检测。我熟悉基于相变材料的温度应力缓解策略,能够针对不同应用场景,进行相变材料的选型、容器设计以及与功率模块的集成。此外,我还掌握了功率电子设备可靠性评估的相关理论和方法,能够开展功率器件寿命预测模型的建立和验证工作。这些专业技术知识为我在工程实践中解决企业重大技术难题提供了有力支撑。我在本专业领域的基础理论知识和专业技术知识都有较为深入的掌握。通过长期的学习和实践,我形成了扎实的知识体系,能够将理论知识灵活运用于解决实际工程问题中。这为我在工程实践中发挥重要作用奠定了良好的基础。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

在学习和工作中,我积累了丰富的工程实践经验。在校期间,我参与了学校和企业联合开展的多个应用性课题研究项目。例如,我参与了一项针对功率器件温度应力缓解的课题研究,通过对相变材料的热物性分析和优化设计,成功开发了一种适用于TO-247封装的相变材料散热结构。该技术方案在实验验证中表现出良好的温度波动抑制效果,为提高新能源变流器的性能和可靠性做出了贡献。此外,我还参与了企业新型IGBT模块的研发工作,负责分析IGBT模块焊料层的热-力老化机理,并提出了基于相变材料的温度应力缓解策略。在后续的工艺制造和技术管理中,我积极推动相变材料结构的优化集成,确保产品质量和可靠性指标达标。在工作中,我也参与了多个企业新建、扩建或技术改造项目的研究工作。例如,我参与了某光伏逆变器生产企业的新型功率模块封装技术改造项目,负责相变材料散热结构的设计优化和在功率模块中的集成研究。通过仿真分析和实验验证,我们成功开发了一种能够有效抑制功率模块短时结温波动的相变材料散热结构,大幅提升了逆变器的过载能力。

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)

项目名称: 应对功率器件短时过载的相变材料散热结构设计

项目来源: 华为横向项目

项目背景: 随着电力系统新能源渗透率的不断提升,实现新能源灵活、高效和可靠并网运行的新能源变流器成为新型电力系统的重要组成部分。然而,基于半导体功率器件的新能源变流器过流能力差,在电网发生短路时,能提供的短路电流能力十分有限。与同步电机的短路电流特性相比,新能源变流器在限流控制下的小短路电流将导致以下两大问题(1)提供的无功功率有限,暂态电压支撑不足(2)短路电流的距离特性消失,常规继电保护的逻辑失效。亟需一种增加器件暂态过流能力的方案。

研究目标: 面向高比例新能源系统的需求,亟需开展新能源变流器大短路电流能力的研究。然而,功率器件作为系统中失效率最高的元件,在短时内承受几倍过电流,损耗飙升,将直接面临结温过高烧毁的风险。因此,基于本项目5倍1s容性电流的需求,需在短时内保证变流器中所有器件的安全性。此外,由功率器件结温与可靠性的关系可知,在平均结温一定的

前提下，结温波动每增加10K~20K，功率器件的预期循环次数将降低10倍，在结温波动一定的前提下，平均结温每升高20K，功率器件的预期循环次数将降低5~6倍，由此可见功率器件平均结温和结温波动是影响其预期寿命的

3

重要因素。

技术难点：1. 功率器件工作损耗评估与建模。

2. 相变材料选型与制备。

3. 散热结构与增强导热性框架设计。

研究内容：（1）面向暂态耐流能力增强需求，建立新能源变流器的电热模型，通过分析新能源变流器的核心功率部件——功率模块的电热特性，建立基于热阻抗网络的电热模型；

（2）基于新能源变流器电热模型，提出热阻网络调整和装备损耗调节两种结温控制思路用以提升变流器的短路电流耐受能力，围绕两种思路发掘了新能源变流器短路电流耐受能力提升自由度，进一步建立面向耐流能力增强需求的新能源变流器的结温控制框架；

（3）依据新能源变流器结温控制框架，分析相变材料嵌入、驱动参数调整、调制策略优化和运行参数调节四个层面各短路电流耐受能力提升自由度的作用机制，实现方案和调节约束，针对一些自由度在运行调节中出现的负面影响，提出解决相应问题的硬件设计或软件控制方法。

方案及技术路线：

团队分工：1. 公司承担器件提供与并网实验环境。2. 项目实践人本人承担电热建模，相变材料选型，散热结构设计等实验。3. 同组其他若干学生搭建样机测试平台并验证实验结果。

本人承担任务及完成情况：项目实践人本人承担1. 电热建模，建立了误差<5%的热网络模型及散热结构仿真模型，并实验验证。2. 进行相变材料选型，选择了成本适中的铋基金属低温相变材料3. 相变材料散热结构设计，进行参数化仿真等手段，设计增强导热性框架，实现了相变材料的快响应结构设计4. 设计功率器件单管测试平台，验证的散热结构效果以及所建立的热模型的精度。

在新能源变流器的研究中，团队通过技术创新解决了电网短路时短路电流能力有限的问题。具体体现在以下几个方面：

1. 电热模型建立：团队构建了基于热阻抗网络的新能源变流器电热模型，深入分析了功率模块的损耗模型和结温模型。这一创新方法为后续的结温控制提供了理论依据，使得在短时间内能够有效预测和控制功率器件的结温变化。

2. 相变材料的应用：通过对相变材料的深入研究与选型，团队提出将其嵌入散热结构中，以提升热量传导能力。相变材料的使用不仅提升了散热效果，还有效延缓了功率器件的过热风险，从而保障了变流器的安全运行。

3. 多维度控制策略：团队针对功率器件的结温控制提出了多种策略，包括热阻网络的优化与驱动参数的调整。这些创新控制方法有效提升了变流器在大短路电流工况下的可靠性，使其能够在极端条件下仍然保持稳定运行。这些技术创新不仅提高了新能源变流器的性能，也为未来其他电力设备的研究提供了借鉴

成果转化：

1. 单个单管功率器件在3s内实现2倍损耗过载的情况下温升降低百分之40以上。

2. 50kW功率的并网逆变器实现2倍功率过载下，5s内单管结温上升抑制在10℃以内。

3. 相关研究发表EI索引ECCE (International Power Electronics and Motion Control Conference, IPENC - ECCE Asia) 会议一篇。

(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
Thermal Network Modeling of Heat Dissipation Structure of Power Devices with PCM to Enhancing Short-Term Overload Capacity	会议论文	2024年05月17日	ECCE Asian	1/7	EI会议收录

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： 1.1 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：师行健	

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260125		姓名：师行健		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：26.0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		新能源发电与变流技术			2.0	95	专业学位课	2022-2023学年秋冬学期		工程伦理			2.0	96	公共学位课
2022-2023学年秋季学期		数值计算方法			2.0	97	专业选修课	2022-2023学年春季学期		自然辩证法概论			1.0	92	公共学位课
2022-2023学年秋季学期		工程技术创新前沿			1.5	82	专业学位课	2022-2023学年夏季学期		电力电子器件应用技术			1.0	89	专业选修课
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学年春夏学期		高阶工程认知实践			3.0	87	专业学位课
2022-2023学年冬季学期		综合能源系统集成优化			2.0	85	专业学位课	2022-2023学年夏季学期		研究生英语			2.0	免修	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	91	公共学位课	2022-2023学年夏季学期		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		研究生论文写作指导			1.0	84	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	84	专业学位课								

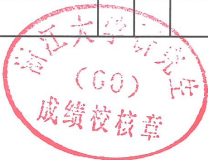
说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

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：2025-03-20



二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

单位考核评价:

经检索“Engineering Village”，下述论文被《Ei Compendex》收录。（检索时间：2024年8月5日）。

<RECORD 1>

Accession number:20243016741067

Title:Thermal Network Modeling of Heat Dissipation Structure of Power Devices with PCM to Enhancing Short-Term Overload Capacity

Authors:Shi, Xingjian (1); Yu, Bin (2, 3); Wu, Qiang (3); Hai, Dong (3); Luo, Haoze (3); Li, Wuhua (3); He, Xiangning (3)

Author affiliation:(1) Polytechnic Institute of Zhejiang University, Zhejiang University, China; (2) Nanjing University of Information Science and Technology, College of Automation, China; (3) Zhejiang University, College of Electrical Engineering, China

Corresponding author:Shi, Xingjian

Source title:2024 IEEE 10th International Power Electronics and Motion Control Conference, IPEMC 2024 ECCE Asia

Abbreviated source title:IEEE Int. Power Electron. Motion Control Conf., IPEMC ECCE Asia

Part number:1 of 1

Issue title:2024 IEEE 10th International Power Electronics and Motion Control Conference, IPEMC 2024 ECCE Asia

Issue date:2024

Publication year:2024

Pages:3759-3764

Language:English

ISBN-13:9798350351330

Document type:Conference article (CA)

Conference name:10th IEEE International Power Electronics and Motion Control Conference, IPEMC 2024 ECCE Asia

Conference date:May 17, 2024 - May 20, 2024

Conference location:Chengdu, China

Conference code:200752

Sponsor:China Electrotechnical Society (CES); IEEE Power Electronics Society (PELS); Southwest Jiaotong University

Publisher:Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

Number of references:9

Main heading:Phase change materials

Controlled terms:Specific heat

Uncontrolled terms:Electronics devices - High flexibility - High heat capacity - Junction temperatures - Network modelling methods - Overload capacity - Power devices - Power supply - Short-term overload capacity - Thermal network models

Classification code:641.1 Thermodynamics

Numerical data indexing:Percentage 4.50E+01%, Percentage 5.00E+00%, Power 2.50E+01 W, Time 5.00E+00s

DOI:10.1109/IPEMC-ECCEAsia60879.2024.10567348

Funding details: Number: LR24E070001,U2368206, Acronym: NSFC, Sponsor: National Natural Science Foundation of China;Number: 2022YFE0138400, Acronym: NKRDPC, Sponsor: National Key Research and Development Program of China;

Funding text:This work was supported in part by the National Natural Science Foundation of China under Grant LR24E070001, in part by the National Natural Science Foundation of China under Grant U2368206, in part by the National Key Research and Development Program of China under Grant 2022YFE0138400.

Database:Compendex

Compilation and indexing terms, Copyright 2024 Elsevier Inc.

注:

1. 以上检索结果来自 CALIS 查收查引系统。
2. 以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确认。



Thermal Network Modeling of Heat Dissipation Structure of Power Devices with PCM to Enhancing Short-Term Overload Capacity

Xingjian Shi¹, Bin Yu^{3,2}, Qiang Wu², Dong Hai², Haoze Luo², Wuhua Li², Xiangning He²

¹ Polytechnic Institute of Zhejiang University, Zhejiang University, China

² College of Electrical Engineering, Zhejiang University, China

³ College of automation, Nanjing University of Information Science and Technology, China

Abstract--Modern electronic devices require power supplies with higher flexibility, such as the ability to handle short-term overload of power devices. Phase Change Material (PCM), with high heat capacity at specific temperatures, can be integrated into heat dissipation structures to address short-term overload. This paper proposes a power device heat dissipation structure with PCM, which effectively suppresses the increase in junction temperature during overload (Decrease by 45% in 5 seconds at 25W overload). Furthermore, a thermal network modeling method for this structure is proposed, and through simulation and experimental validation, it is demonstrated that the error of this method is less than 5%.

Index Terms -- Thermal Network model, PCM, Power Device, Short-Term Overload Capacity

I. INTRODUCTION

In solid-state circuit breakers [1,2], VSC-HVDC systems [3,4,5] etc., there is often a short-term overload demand for power devices. This poses new challenges to the short-term current-carrying capacity of the device and the heat dissipation structure. However, as shown in Figure 1, the heat dissipation capability of traditional cooling methods is linearly related to the device temperature rise. Designing a cooling system to meet device overload conditions will inevitably result in wasted heat dissipation capacity under normal operating conditions [6].

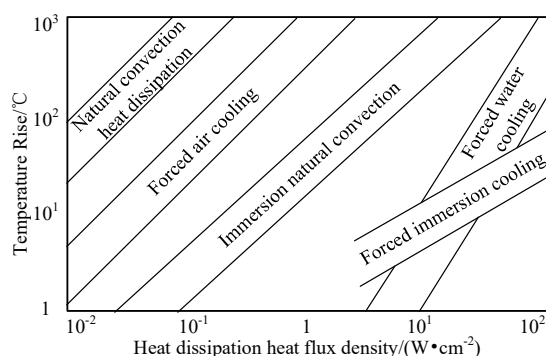


Fig. 1. Conventional heat dissipation capacity vs temperature rise

This work was supported in part by the National Natural Science Foundation of China under Grant LR24E070001, in part by the National Natural Science Foundation of China under Grant U2368206, in part by the National Key Research and Development Program of China under Grant 2022YFE0138400.

Dautov and his team designed a highly sensitive and selective automatic unloading algorithm for calculating power grid transients from the perspective of power distribution, reducing the likelihood of overload for a specific device from the power distribution perspective [7]. Gao and his team, from the perspective of power module design topology, proposed a method to add an intermediate inductance in the half-bridge structure to effectively reduce device heating by suppressing current rise [8]. However, these methods did not fundamentally enhance the overload capability of individual devices. All methods ultimately lead to improving the heat dissipation capability of individual devices under specific overload conditions.

Phase change material (PCM) have the characteristic of melting and absorbing heat at a specific temperature while maintaining a constant temperature. It can be equivalent to a larger heat capacity in a specific temperature range, absorbing the heat generated by the chip during overload, as shown in Figure 2. If the steady-state operating temperature of the device is set just below the phase transition temperature, once the device is overloaded, the phase change material (PCM) will utilize its larger heat capacity to absorb heat flow, thereby stabilizing the device temperature, reducing the temperature rise of the device, and enhancing the device's short-term overload capability.

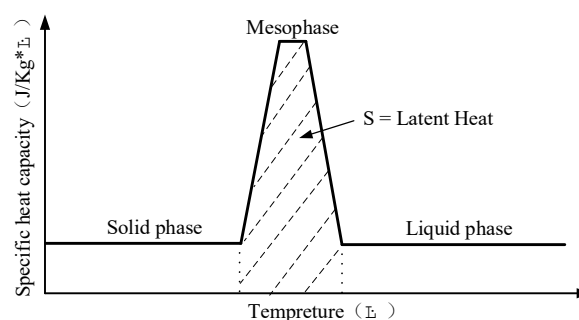


Fig. 2. Trend of specific heat capacity of PCM with temperature rise

Some existing research on the utilization of PCM cooling structures for power devices typically focuses on longer time scales (10-1000 seconds) [8, 9] and is unable to address short-term overloads (1-5 seconds).

This paper designs a TO247 cooling structure