

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	浙江海得新能源有限公司	
实践单位地点	浙江省桐乡市二环南路 1320 号	
实践岗位名称	测试工程师	
专业实践训练时间	集中进行	2021 年 01 月 04 日开始 至 2022 年 02 月 01 日结束
		专业实践训练累计 393 天（单位考核前），其中项目研究天数 100 天（单位考核前）
<p>(1) 基本概况（含实践单位简介、实习实践内容等）</p> <p>实践单位简介： 海得新能源致力于风电、太阳能等新能源领域的核心技术及产品的研发和制造，拥有完整的知识产权产品和行业解决方案。现已向市场推出 WINGREEN 风电风机变流器系列、主控系统、变桨系统、光伏逆变器、HDM 能量回馈装置等新能源关键设备，浙江海得新能源有限公司系统掌握风机变桨、变流和主控控制的核心技术，具备风电变流器产品包括 0.75MW 至 5.5MW 覆盖陆地与海上、高原型与平原型、风冷与液冷多种系列的量产能力。是国内对进口风机三大电控系统可实施配套及更新改造工程的骨干企业之一。展望未来，浙江海得新能源有限公司将依托海得总公司的坚实平台，精益求精，力争成为世界一流的新能源领域电控系统及设备的专业生产企业，打造清洁能源应用与服务的领先品牌。</p> <p>实践内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、负责金风 5MW 全功率变流器项目的功能性能测试； 2、负责整机型式试验； 3、负责环境类综合试验； 4、负责整机的安规审核； 5、负责整机的鉴衡认证； 6、协助首台样机的装配； 7、协助样机在现场的相关涉网性能测试； 		

(2) 项目研究概述 (含项目名称、项目来源、项目经费、主要研究目标和技术难点等)

项目名称:

金风 5MW 全功率液冷变流器项目。

项目来源:

金风科技委托浙江海得新能源有限公司开发的全功率变流器, 金风科技在国内大型风电发电机组生产销售中位列前三。

项目经费:

300 万人民币。

主要研究目标:

变流器采用两台变流器并机设计, 单台设计功率 2.5MW; 主功率拓扑采用 AC-DC-AC 双向功率控制拓扑, 机侧采用负荷开关进行分断保护, 并增加机侧滤波回路以进行 du/dt 抑制; 功率模块设计为两电平模块, 采用全桥拓扑实现双向功率流动; 网侧采用 LC 滤波进行谐波滤除; 网侧机侧均采用两模块、两组负荷开关及断路器并联, 实现 690V 电压下 5.0MW 功率输出能力。

技术难点:

5.0MW 项目设计开发时, 产品所涉及的技术、材料、工艺部分借用之前已有产品开发平台及经验, 部分基于现有技术储备进行全新设计开发。

- 1、软件开发基于 2.5MW 软件平台定制开发, 包括新控制芯片底层程序、上层软件逻辑及通讯平台、发波控制等, 根据新项目需求, 定制优化具体通讯、部分控制逻辑及相关保护。
- 2、硬件开发 (包含主拓扑, 功率模块, 电磁元件, 主断路器, 主熔丝) 基于现有 2.5MW 硬件平台为基础; 其中功率模块根据现有全桥拓扑模块, 更换 IGBT 规格进行定制开发; 电磁元件功率需求较大, 采用全新设计方案; 配电方案设计也是借用成熟的方案, 并根据客户特殊需求进行优化内部配电及对外接口。
- 3、控制系统开发 (包含控制单板及 FPGA 硬件程序控制策略) 是基于 2.5MW 控制系统平台, 兼容本项目电压及电流等级下的采样、控制及发波需求。
- 4、结构开发 (包含铜排及钣金件, 绝缘件, 机柜, 气液换热器等) 是基于现有 2.5MW 设计思路为基础, 采用标准机柜, 所有柜体基本全部重新设计。

(3) 项目开展情况 (含项目研究内容、研究方案及技术路线, 研究团队分工、本人承担任务及完成情况, 存在问题与改进建议等, 不少于 500 字。)

研究内容:

全功率液冷变流器的综合测试、相关的第三方认证审核、委外的涉网性能测试以及样机装配工艺流程。

方案及技术路线:

本产品适用于金风 5.0MW 全功率风力发电系统中永磁同步发电机配套使用, 以获得最佳的发电效率和发电质量; 该产品机侧连接发电机, 网侧连接电网, 网侧、机侧功率单元由全桥电力电子器件 IGBT 构成, 机侧功率模块将发电机发出的频率和幅值变化的交流电整流成直流电, 网侧变流器将母线单元的直流电逆变为和电网同频同幅值的交流电, 网侧变流器还可实现有功、无功的调节, 满足客户对风力发电系统的不同需求。

在产品研制完成后的基础上, 开展一系列的综合测试, 以研制产品的综合性能。

团队分工:

团队配备 9 名工程师, 其中功率工程师 2 名、结构工程师 3 名、配电工程师 1 名、软件工程师 1 名、单板工程师 1 名、测试工程师 1 名。

本人承担任务:

- 1、在样机设计阶段, 参与研发相关的评审, 包括配电、功率、结构等评审会议, 在源头把控产品;
- 2、在样机装配阶段, 协同生产工艺部门和软件部门, 监督装机工艺流程, 优化相关的工艺措施;
- 3、在样机组装完成阶段, 主导相关的功能性能测试、热测试、型式试验、安规审查等内容;
- 4、在电网认证阶段负责在现场保障变流器正常运行, 解决现场问题, 配合软件工程师完成电网测试;
- 5、在全周期主导开展变流器的鉴衡认证, 主要主导负责设计评估、工厂审查和型式试验见证, 随时处理和解决期间产生的问题, 积极推动项目认证的开展;

完成情况:

- 1、在设计阶段, 提出相关的指导性建议, 参与优化系统的设计;
- 2、在样机装配阶段, 针对装机遇到的问题以及装机发现的问题, 认证分析并提出相关的解决方案措施;
- 3、在样机测试阶段, 保质保量的完成预定的测试计划, 做到测试项目的全覆盖;
- 4、在电网认证阶段保障变流器正常运行, 顺利完成测试, 并通过了客户委外的高电压穿越、低电压穿越和电能质量测试。

5、在鉴衡认证阶段，作为认证总体负责人，积极牵头项目的具体落实，环环紧扣，期间并解决处理相关的问题，顺利完成鉴衡认证。

该项目研发的变流器已经向金风科技批量供货。

问题与改进建议：

当遇到问题时，尤其是客户反馈的问题，需要多了解清楚问题的背景以及相关的知识点，以便更好的开展解决措施。

二、专业实践训练收获

(一) 围绕考核评价指标体系，举例说明以下收获（不少于 800 字）

通过参与金风 5MW 全功率液冷变流器项目以来，在单位领导的精心培育和教导下，通过自身的不断努力，无论是思想上、学习上还是工作上，都取得了长足的发展和巨大的收获，现将专业实践工作总结如下：

知识掌握上：

1、作为我司研发测试部的一名系统测试工程师，本职工作为开展风电变流器的系统测试，工作内容涵盖我司风电变流器的两大产品线，即双馈式变流器产品线和全功率式变流器产品线，测试依据所对应的国标，GB/T 25388.1、GB/T 25388.2 和 GB/T 25387.1、GB/T 25387.2，分别对应双馈式和全功率式风电变流器，切实保证在研发测试的质量关；

2、积极主动的学习工作，包括系统通讯知识、通讯协议相关内容、风电机组保护、安规测试、风电变流器技术、逆变器技术、低压电器技术、有源滤波技术、故障穿越技术等理论知识；数字示波器、万用表、功率分析仪、绝缘电阻表等的使用；

AutoCAD、Matlab 及 Office 等办公软件，管理的井井有条，内业工作进行的有条不紊，获得了领导的一致好评和同事们的一致认可；

3、除系统测试工程师外，兼我司安规工程师，主要负责我司对外的产品认证，目前开展过鉴衡认证和 GL 认证，所涉及的产品，均覆盖我司的两大产品线。项目认证，需要保证在一定的时间内，完成所需的要求，即完成我司的产品与外部认证机构的完美对接，我在该过程中，起着桥梁纽带的作用。此外，在认证过程中，还涉及相关的厂检，即工程审核过程，切实保障总体进度的推进，为我司质量体系的推进做了重要的一步。

4、自身作为研发测试部的一员，在项目组遇到问题时，多次调动我司研发部下各个开发室的相关资源，大家群策群力，多次解决相关的重大问题，该合作模式，有较好的效果。期间，不定期开展专题技术讨论，召集我司研发部下的各个开发室同事，就某一个技术问题，各抒己见，头脑风暴，找出其中最关键的影响点，并做引申发散思维，充分调动每一位参与者的积极性，并最终顺利解决问题。

能力提升上：

1、通过参与公司的核心项目，使我了解到测试工程师虽然未真正的参与开发设计，但是作为产品把控的最后把关，责任非常重要，需要提出对产品的进一步改进的建议，并评估改进方案是否合理，对测试结果进行总结与统计分析，对测试进行跟踪，并提出相关的反馈意见等，是我增强了项目意识以及问题的敏锐程度。

2、测试工程师需要了解并熟悉整个产品的相关流程，包括配电、结构、功率、软件等，这一系列的工作使我夯实了电力电子器件、电力电子的拓扑基础、数字电路、模

拟电路、电路分析、控制理论和信号与系统基础知识。

3、在现场出差期间，深刻的感受到了现场的工作压力，如果应对现场客户的问题反馈以及相关问题的处理，尤其重要，提升了自我的相关工作能力。

4、整个项目参与下来，使我锻炼了实验技能和动手能力。

素质养成上：

1、鉴于我们从事的是大功率电力电子行业，电压相对比较高，一般都是 690V 起步，要注意安全。要本着对自己绝对负责任的态度，在机器没有下电，及下电以后电容未放完电，决不能动机器。下电及放完电，在拆除铜排之类的导电体前，必须用万用表测量是否安全。

2、作为研发团队中的一员，团队之间的沟通协调是不可或缺的，这也锻炼了我的沟通协调能力，也让我能够独立的思考和解决问题，面对问题与压力迎难而上，锻炼了抗压能力。在面对现场出差的恶劣气候条件，不惧艰苦，与项目成员迎难而上，保质保量的完成现场工作，赢得了客户的好评，自己也获得了成就感。

3、工程师的职业会让我们领略到工程的美感，当一台自己真正参与设计的产品出来，并得到了客户与社会认可时，那是一件非常值得庆祝的事情。作为一名测试工程师而感到骄傲，这也使我很热爱自己这一份职业。

4、工程师想取得成功并不是比谁花的时间最多，而是看谁付出了更多的思考。作为一名优秀的工程师需要拥有理科生的思维，工科生的实干，面对问题，首先要思考问题的现象与本质，思考分析目前一系列方案中哪些方案能解决问题，哪些不能解决问题，并提出自己的方式方法来解决问题。

（二）取得成效

通过技术创新、成果转化、解决企业工程实际问题等取得的经济和社会效益：

1、成功参与并测试了金风 5MW 全功率液冷变流器项目，并通过了鉴衡认证，同时通过了电网的认证测试。金风 5MW 项目主拓扑选择公司成熟应用的液冷全功率主拓扑，该拓扑已经批量在现场运行无数台，得到了很好的验证。

2、变流器采用两台变流器并机设计，单台设计功率 2.5MW；主功率拓扑采用 AC-DC-AC 双向功率控制拓扑，如图 2 所示。机侧采用负荷开关进行分断保护，并增加机侧滤波回路以进行 du/dt 抑制；功率模块设计为两电平模块，采用全桥拓扑实现双向功率流动；网侧采用 LC 滤波进行谐波滤除；网侧机侧均采用两模块、两组负荷开关及断路器并联，实现 690V 电压下 5.0MW 功率输出能力。

3、本产品适用于金风 5.0MW 全功率风力发电系统中永磁同步发电机配套使用，以获得最佳的发电效率和发电质量；该产品机侧连接发电机，网侧连接电网，网侧、机侧功率单元由全桥电力电子器件 IGBT 构成，机侧功率模块将发电机发出的频率和幅值变化的交流电整流成直流电，网侧变流器将母线单元的直流电逆变为和电网同频同幅值的交流电，网侧变流器还可实现有功、无功的调节，满足客户对风力发电系统的不同

同需求。

4、机柜设计从左侧依次为并网柜、控制柜、功率柜，机侧柜位于功率柜上部；并网柜借用全功率平台项目结构设计，换热器位于中部，主要发热器件如断路器及铜排位于出风口，便于散热设计；控制柜单独机柜设计，减少其他机柜的热、电磁干扰；也有利于维护及操作；功率柜采用下部网侧电抗器，上部功率模块布局，上下柜体隔离开，单独风道设计。

5、产品主要由配电单元、网侧滤波单元、网侧功率模块、机侧功率模块、FRT 组件、机侧滤波单元、加热除湿系统、辅助电源、控制单元等部分构成，增加水循环控制系统，并预留客户主控器件安装位置。

6、网侧、机侧功率单元由全桥电力电子器件 IGBT 构成，机侧功率模块将发电机发出的频率和幅值变化的交流电整流成直流电，储存在母线单元，网侧变流器将母线单元的直流电逆变为和电网同频同幅值的交流电，网侧变流器还可实现有功、无功的调节，满足客户对风力发电系统的不同需求。

7、变流器对电网的适应性项目中，包括电压偏差适应性、频率偏差适应性、三相电压不平衡适应性、闪变适应性、谐波电压适应性、低压穿越都满足国家标准。变流器对电能质量的项目中，包括电压偏差、频率波动、三相电压不平衡、电压波动及闪变、谐波电流都满足国家标准。

与学位论文撰写的相关程度：

毕业论文题目是“MW 级并联型风力发电全功率变流器的研制及其网侧谐波抑制策略研究”，毕业设计与该实践内容密切相关，毕业设计取自实践内容。

3. 在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】

成果名称	类别含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等]	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	学校排名/总参与单位数
------	---	---------------	----------------	----------	-------------

本人承诺


在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守学术道德、遵循学术规范。

签字：

2022年5月21日

三、考核评价

<p>校外合作 导师(或现 场导师) 评价</p>	<p>重点对研究生项目研究开展情况、职业素养、行业知识掌握、环境和岗位适应能力、工程实践能力、团队协作能力, 以及通过技术应用创新、成果转化、解决工程实际问题等取得的经济和社会效益等方面的评价:</p> <p>该同学实践中表现优秀</p> <p>校外合作导师(或现场导师)签字: 郭林 2022年5月25日</p>
<p>校内导师 评价</p>	<p>重点对研究生科学素质、基础及专业知识掌握、技术应用创新能力、取得的研究成果、项目研究与学位论文撰写的相关程度等方面的评价:</p> <p>该同学通过实践, 锻炼了自身能力, 培养了分析问题和解决问题的能力, 表现优秀</p> <p>校内导师签字: 何静 2022年5月25日</p>

<p>实践单位 过程考核 意见</p>	<p>实际实践开始时间:2022年1月4日 实际实践结束时间:2022年2月1日 专业实践训练累计天数: 39 其中项目研究天数: 100 实践单位过程考核结果: <input checked="" type="checkbox"/>优秀 <input checked="" type="checkbox"/>良好 <input type="checkbox"/>合格 <input type="checkbox"/>不合格 审核签字并盖公章:  郭梅 2022年5月25日</p>
<p>最终考核 结果审核 备案</p>	<p>考核总成绩（由现场答辩考核成绩 90%+单位过程考核成绩 10%组成）： 是否重修: <input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否 教学管理部（或相关分院）审核签字（公章）： _____ 年 月 日</p>

四、相关支撑材料

在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】证明材料原件扫描件，具体提交要求如下：

1. 产品与样机扫描件包含企业证明材料（含产品与样机功能及创新性介绍、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。
2. 授权专利扫描件包含专利证书授权页；未授权专利扫描件包含专利受理书扫描件和专利请求书扫描件。
3. 著作扫描件包含封面、封底和版权页。
4. 软件著作权扫描件包含著作权证书和登记申请表。
5. 论文扫描件包含封面、封底、目录和论文全文（含收录证明）。
6. 标准扫描件包含封面、版权页、发布公告、前言和目次。
7. 获奖扫描件包含显示单位和个人排名的获奖证书。
8. 成果转化扫描件包含企业证明材料（含成果技术说明、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。