

同行专家业内评价意见书编号: 20240858118

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: _____ 殷芷妮

学号: _____ 22160029

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

2024年03月20日

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】

一、专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况

本人硕士期间课程成绩：85

、专业实践考核成绩：90。本人就读于浙江大学工程师学院储能科学与工程项目制，专业为电气工程，研究方向为电力电子技术，毕业论文选题为面向虚拟电厂的光储系统集群协调控制策略研究。硕士期间学习的专业理论课程包括储能材料、储能原理、储能器件与装备、储能系统及应用、现代电力电子电路和电力系统运行与控制等。

专业技术知识方面，通过专业实践及企业合作项目深入学习并应用了光伏发电及储能的原理、光伏发电系统及储能系统的电力电子变换器拓扑及控制等专业知识。以光伏发电单元为例，光伏电池发电的原理来自光电效应，当光伏电池工作温度保持不变时，光伏电池输出功率随输出电压增大而变化，光伏电池输出功率在存在最大值，这一点即为光伏电池最大功率输出点。光伏发电单元往往采用双级式的拓扑结构，前级DC-DC通过改变光伏电池最大功率点处电压值达到改变光伏电池输出功率的目的，并维持光伏电池稳定工作在最大功率点处，该方法被称为最大功率点追踪(MPPT)控制；后级逆变器是光伏发电单元的核心部分，很大程度上决定了光伏并网的运行特性，目前光伏逆变器普遍采用电流源型的双环控制结构。熟悉以上专业知识是光伏及储能系统建模的基础。

二、工程实践经历

本人于2022年8月至2023年8月期间于浙江雷培德科技有限公司开展了为期一年的专业工程实践。结合企业合作项目《大规模风-光-

储系统电磁暂态建模及仿真技术》开展了实践训练，实习实践内容如下：

1) 研究光伏系统的典型硬件拓扑及控制策略，分析光伏系统关键设备的电磁暂态模型建模方法，包括光伏组件，组串式逆变器，集中式逆变器等模块；研究大规模光伏发电系统的聚合建模方法，建立光伏系统的聚合模型，包括组串式以及集中式两种方案，并通过仿真研究验证聚合模型的准确性。

2) 研究储能设备电磁暂态仿真模型建模方法，根据仿真研究精度的需要对于风机机侧换流器储能电池等模型进行适度简化，能够反应风电场储能设备与电网的交互特性即可；建立基于PSCAD/EMTDC仿真平台的风-光-

储系统电磁暂态模型，模型中的关键参数及拓扑应能够根据工程实际情况进行调整，并具备较为友好的人机交互界面。

3) 研究风-光-

储系统的联网运行及孤岛运行方式，分析孤岛运行模式下孤岛电网电压稳定控制技术，提出风-光-储系统联网运行及孤岛运行协调控制策略；基于PSCAD/EMTDC仿真平台的风-光-储系统电磁暂态模型，对所提出控制策略的有效性进行验证。

通过工程实践经历，本人在知识掌握、能力提升及工程师素质养成等方面均有所收获：

1) 知识掌握

在行业知识方面，在专业实践的过程中对行业发展现状进行调研，通过深入企业的实践机会了解目前广泛应用的电力电子设备的拓扑、选型与参数设计，同时参考相关的技术标准对实践内容进行优化提升。例如光伏发电系统的建模，其中组串式光伏逆变器的拓扑及建模参数参考了阳光电源公司的250kW二极管钳位型三电平逆变器；例如构建包含光伏、风电、储能等在内的新型配电系统时，对于系统的电压及频率控制要求参考了GB/T12325-

9《电能质量供电电压允许偏差》等相关技术规定。

在默会性工程知识方面，在专业实践过程中通过与合作的施工单位、设计单位沟通交流，了解了工程中的实际应用场景可能遇到的问题。例如储能系统作为电压支撑启动并投入配电网

时，系统中的变压器往往会产生较大的励磁涌流从而影响电力电子变换器的稳定性和安全性。此类工程常识与实际经验的成长也是专业实践和项目经历区别于书面课程学习的极大优势。

2) 能力提升

在环境及岗位适应能力方面，作为实习工程师参与项目前期的方案设计、文字材料写作工作，参与项目中后期计划任务执行并完成阶段性的总结汇报，项目后期整理并总结形成项目成果。在专业实践过程中，加强了自身对工程师岗位的适应力，积累了一定的工程实践经验。

在工程实践所需的基本技能方面，通过研究内容的不断推进，在这个过程中既熟悉了PSCAD、PLECS电力电子系统建模工具，又在实验过程中掌握了电网模拟器、电池模拟器、逆变器、储能变流器、RLC负载以及示波器等仪器设备的使用方法，并且在实验设计与硬件平台搭建过程中提高了动手能力与设计能力。

在技术创新、工程思维养成及工程实践应用能力方面，面对工程应用中遇到的实际问题，采取对应的专业知识和一定的创新思路予以解决。例如构网型储能投入系统时的冲击电流过大问题，通过采用储能变流器零起升压的方式能够有效地降低启动过程的冲击电流。

在团队协作能力方面，通过对项目任务的合理分工，团队成员之间的有效沟通提高了工作的效率与质量。例如在风光储系统的建模工作中，其他团队成员负责风机部分的建模工作，最终联合发电系统的建模则需要各方的沟通配合，共同解决了建模过程中遇到的问题。

在国际视野和跨文化交流合作能力方面，专业实践过程中通过参与国际会议，在国际会议上对项目研究成果进行口头汇报，并与其他与会专家学者交流探讨，拓宽了自己的国际视野并且提高了自己的口语交流能力。

3) 素质养成

在品德修养方面，在实践单位学习过程中，通过实践单位组织的培训学习活动中逐渐加深了自己的社会责任感，培养自己作为一名工程师的爱国奉献、艰苦奋斗的精神，也从身边优秀的工程师身上学习到了追求卓越的工匠精神。

在科学素质方面，在校内导师及企业合作导师的带领下，对于实际工程问题始终保持科学严谨、求真务实的态度，面对工程难题保持攻坚克难的态度，脚踏实地逐步解决问题。

在职业素养方面，通过工程伦理课程的学习和工程项目的亲身实践，逐渐培养了职业健康和安全意识，不仅考虑工程的可行性，也要同时考虑安全性、经济性和可持续发展。尤其在“双碳”背景下，例如电气工程项目中相关设备的选用也需要考虑其碳排放对环境的影响。

三、实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例

案例一：企业合作项目《大规模风-光-储系统电磁暂态建模及仿真技术》

本人主要负责项目研究内容中组网光伏与储能系统控制及仿真模型的搭建调试工作。研究大规模光伏发电系统的聚合建模方法，建立光伏系统的聚合模型，包括组串式以及集中式两种方案，并通过仿真研究验证聚合模型的准确性；研究储能设备电磁暂态仿真模型建模方法，对于储能电池和储能变流器等模型进行适度简化。目前已完成光伏发电单元和储能单元的PSCAD仿真模型，并采用参数等值聚合方法分别建立了光储系统的聚合模型，为高比例新能源系统的进一步研究奠定了基础。项目成果方面已发表3篇EI论文。

案例二：企业合作项目《新能源富集区域分布式自组织配电系统规划运行技术及主动支撑装置研究》

本人主要负责研究储能接入提高组网光伏逆变器的电网调节能力、功能性及鲁棒性等。建立多参数多变量组网光伏逆变器数学模型，掌握综合设计及优化方法。探究系统建模理论，掌握并联多功能组网光伏逆变器的稳定规律。其次，为了验证智能光伏系统对新型配电系统的主动支撑效果，选择PSCAD、PLECS等电力电子系统建模工具和数字控制芯片，分别建立包含光伏、风电、储能等在内的新型配电系统主电路及控制回路，研究新型配电系统在不同控制方式下的运行状态，验证智能光伏变换系统对电网的主动支撑效果。

案例三：行业标准《零碳高效区域设备碳足迹评价导则》

本人主要负责零碳高效区域能源系统设备碳足迹评价导则的编制，主要解决了以下关键问题：提出了区域能源系统内设备的使用寿命边界范围划定依据与取舍准则，为设备碳足迹计算与评价提供指导和相关参考；提出了区域能源系统内设备碳排放的计算公式，包括基本计算公式和可再生能源发电设备、化石燃料发电设备、供冷热设备、电器设备、电力输送设备和储能设备等特殊设备的碳排放计算细则；提出了区域能源系统内设备碳足迹评价的原则、程序和评价报告的主要内容，为设备碳足迹的综合评价提供指导。该标准已于2022年12月发布。

(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
Aggregation Modeling and Equivalence of Large-Scale Photovoltaic and Energy Storage Combined Power Generation System	会议论文	2023年06月09日	2023 Panda Forum on Power and Energy (PandaFPE)	1/6	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: 85 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 年(要求1年及以上) 考核成绩: 90 分(要求80分及以上)
本人承诺	
<p>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!</p> <p style="text-align: right;">申报人签名: 殷芷妮</p>	

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	<p>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： <input checked="" type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格</p> <p>德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）：  钟斌 2024年3月20日</p>
申报材料审核公示	<p>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：</p> <p><input type="checkbox"/> 通过 <input type="checkbox"/> 不通过（具体原因： ）</p> <p>工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： 年 月 日</p>

浙江工业大学研究生学院

攻读硕士学位研究生成绩表

学号: 22160029	姓名: 殷芷妮	性别: 女	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: 25.0学分			入学年月: 2021-09	毕业年月: 2024-03						
学位证书号: 1033532024602131	毕业证书号: 103351202402600357			授予学位: 能源动力硕士							
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
2021-2022学年秋季学期	研究生英语基础技能		1.0	免修	公共学位课	2021-2022学年秋季学期	中国特色社会主义理论与实践研究		2.0	90	公共学位课
2021-2022学年秋季学期	数值计算方法		2.0	90	专业选修课	2021-2022学年冬季学期	工程伦理		2.0	87	公共学位课
2021-2022学年秋季学期	储能原理		2.0	82	专业学位课	2021-2022学年冬季学期	研究生论文写作指导		1.0	88	专业学位课
2021-2022学年秋季学期	储能材料		2.0	86	专业学位课	2021-2022学年冬季学期	研究生英语		2.0	免修	公共学位课
2021-2022学年秋季学期	公共经济学专题		1.0	85	公共素质课	2021-2022学年春季学期	储能器件与装备		2.0	90	专业学位课
2021-2022学年秋季学期	电力系统运行与控制		2.0	89	专业选修课	2021-2022学年夏季学期	储能系统及应用		2.0	90	专业学位课
2021-2022学年秋季学期	现代电力电子电路		3.0	91	专业学位课	2021-2022学年夏季学期	自然辩证法概论		1.0	82	公共学位课

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制 (通过、不通过), 两级制 (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: 2024-04-02

代表作佐证材料

姓名：殷芷妮
学号：22160029

论文网络搜索页截图：

The screenshot shows the IEEE Xplore search results page for the paper "Aggregation Modeling and Equivalence of Large-Scale Photovoltaic and Energy Storage Combined Power Generation System". The page includes the title, authors (Qihui Yin, Xianbiao Wang, Pinghuiwang Wang, Hongke Li, Feng Jiang, Min Chen), and the publisher (IEEE). It also displays the abstract, keywords, and publication information. The abstract states: "In order to study the large-scale photovoltaic (PV) and energy storage (ES) combined power generation system (CPGS) and shorten the time of simulation, the equivalent aggregation model is established by the way of parameter equivalence on the foundation of the PV unit and ES unit modes. The detail model (DM) and equivalent model (EM) are respectively built in PSCAD/EMTDC to compare with each other. Moreover, the electromechanical transient model of the large-scale PV-ES CPGS is formed. Based on this model, the energy complementary strategy of the PV-ES CPGS is proposed. The simulation results represent that the EM established can precisely reflect the overall operation characteristics of large-scale PV-ES CPGS." The publication information includes the date of conference (27-30 April 2023), the date added to IEEE Xplore (09 June 2023), the DOI (10.1109/PowUPEES779.2023.10140596), the publisher (IEEE), and the conference location (Chengdu, China).

原文链接：

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=10140596>

论文全文及检索证明如下：

Aggregation Modeling and Equivalence of Large-Scale Photovoltaic and Energy Storage Combined Power Generation System

Zhini Yin
Polytechnic Institute
Zhejiang University
Hangzhou, China
yinzhini@zju.edu.cn

Xiaohu Wang
Key Laboratory of Far-shore
Wind Power Technology of
Zhejiang Province
Power China Huadong
Engineering Corporation Limited
Hangzhou, China
wang_xh8@hdec.com

Pengcheng Wang
College of Electrical Engineering
Zhejiang University
Hangzhou, China
pcwang03@zju.edu.cn

Hongke Li
Key Laboratory of Far-shore
Wind Power Technology of
Zhejiang Province
Power China Huadong
Engineering Corporation Limited
Hangzhou, China
li_hk@hdec.com

Feng Jiang
College of Electrical Engineering
Zhejiang University
Hangzhou, China
jiangfeng@zju.edu.cn

Min Chen
College of Electrical Engineering
Zhejiang University
Hangzhou, China
calim@zju.edu.cn

Abstract—In order to study the large-scale photovoltaic (PV) and energy storage (ES) combined power generation system (CPGS) and shorten the time of simulation, the equivalent aggregation model is established by the way of parameter equivalence on the foundation of the PV unit and ES unit models. The detail model (DM) and equivalent model (EM) are respectively built in PSCAD/EMTDC to compare with each other. Moreover, the electromechanical transient model of the large-scale PV-ES CPGS is formed. Based on this model, the energy complementary strategy of the PV-ES CPGS is proposed. The simulation results represent that the EM established can precisely reflect the overall operation characteristics of large-scale PV-ES CPGS.

Keywords—Photovoltaic, energy storage, combined power generation system, aggregation.

I. INTRODUCTION

Under the severe situation of the world energy crisis and environmental pollution, an energy revolution from fossil to non-fossil is imminent. Different from traditional fossil energy, renewable energy represented by solar energy and wind energy not only has advantages of inexhaustibility, but also has no carbon dioxide emission in the power generation process. The installed capacity of renewable energy will be more than four times that of 2021 by 2030, and its electricity generation will account for more than 60%, which is predicted by the International Energy Agency [1]. It can be seen that the proportion of new energy will be steadily increased, and

technological innovation will reduce costs soon. The new power system with clean energy as the main role is gradually taking shape.

However, PV and other new energies are intermittent, volatile, which pose a huge challenge to the stable performance of the power system [2]. The ES system provides a good technical way to solve the problems. By introducing the ES system and applying the corresponding control strategy, it can greatly optimize the performance of the new energy system, especially overcome the intermittence and volatility of PV. PV and ES form a CPGS together, which can realize complement of resources. The combination of PV and ES will become an inevitable trend.

Unlike conventional synchronous generators, both PV and ES need power electronic devices to link with the grid. A great deal of power electronic interfaces will inevitably have an impact on the grid. Establishing a model that can accurately reflect the operating characteristics of a PV-ES CPGS is the basis for related research on its influence on the power system. However, limited by the computing ability, it is almost impossible to build a simulation model including every unit and make it work. Therefore, it is necessary to aggregate the power generation units so as to build an integrated model of the PV-ES CPGS, and shorten the simulation time as much as possible within the allowed accuracy.

At present, some scholars have carried out modeling research on PV array [3-5], PV inverter [6] and PV power plant [7-10]. Among them, the main methods applied to the

This work was supported by National Key Research and Development Plan of China (2021YFB2400600).

经检索“Engineering Village”，下述论文被《Ei Compendex》收录。（检索时间：2023年12月14日）。

<RECORD 1>

Accession number:20232614319543

Title:Aggregation Modeling and Equivalence of Large-Scale Photovoltaic and Energy Storage Combined Power Generation System

Authors:Yin, Zhini (1); Wang, Xiaohe (2); Wang, Pengcheng (3); Li, Hongke (2); Jiang, Feng (3); Chen, Min (3)

Author affiliation:(1) Polytechnic Institute, Zhejiang University, Hangzhou, China; (2) Engineering Corporation Limited, Key Laboratory of Far-shore, Wind Power Technology of Zhejiang Province Power China Huadong, Hangzhou, China; (3) College of Electrical Engineering Zhejiang University, Hangzhou, China

Source title:Proceedings - 2023 Panda Forum on Power and Energy, PandaFPE 2023

Abbreviated source title:Proc. - Panda Forum Power Energy, PandaFPE

Part number:1 of 1

Issue title:Proceedings - 2023 Panda Forum on Power and Energy, PandaFPE 2023

Issue date:2023

Publication year:2023

Pages:1982-1988

Language:English

ISBN-13:9798350321173

Document type:Conference article (CA)

Conference name:2023 Panda Forum on Power and Energy, PandaFPE 2023

Conference date:April 27, 2023 - April 30, 2023

Conference location:Chengdu, China

Conference code:189332

Sponsor:Chongqing Society of Electrical Engineering; Sichuan University; Southwest Jiaotong University; State Grid Sichuan Electric Power Company

Publisher:Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

Number of references:12

Main heading:Energy storage

Uncontrolled terms:Aggregation model - Combined power generation system - Electromechanical transients - Energy storage unit - Equivalent modeling - Large-scale photovoltaics - Photovoltaic energy - Photovoltaics - Power generation systems - PSCAD/EMTDC

Classification code:525.7 Energy Storage

DOI:10.1109/PandaFPE57779.2023.10140596

Funding details: Number: 2021YFB2400600, Acronym: NKRDP, Sponsor: National Key Research and Development Program of China;

Funding text:This work was supported by National Key Research and Development Plan of China (2021YFB2400600).

Database:Compendex

Compilation and indexing terms, Copyright 2023 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。



其他佐证材料

一、团体标准《零碳高效区域能源系统设备碳足迹评价准则》

P2-P19

二、企业合作项目《大规模风-光-储系统电磁暂态建模及仿真技术》

P20-P136

热点关注: 中国农机国际合作促进会《基于碳评价方法》标准报批公示 [more](#)

中国电器工业协会自我承诺

中国电器工业协会发布第7/CEEIA 654—2022《零碳高效区域能源系统 设备碳足迹评价导则》团体标准征求意见,公平、透明、协商一致是其基本原则和宗旨,按照在本平台公布的《标准制修订流程_CEEIA》规定,T/CEEIA 654—2022《零碳高效区域能源系统 设备碳足迹评价导则》团体标准制定内容符合国家标准法律法规和强制性标准的要求,没有侵犯他人合法权益。

中国电器工业协会在标准基础上作出承诺,并以上述内容的真实性负责。

中国电器工业协会

2023年08月04日

团体详细信息

团体名称	中国电器工业协会		
登记证书	50001016-B / 社证字第3049号	发证机关	中华人民共和国民政部
业务范围	行业自律 信息交流 业务培训 书刊编辑 专业展览 国际合作咨询服务		
法定代表人/负责人	郭福岩		
依托单位名称			
通讯地址	北京市丰台区南四环西路188号十二区30号楼	邮编	100070

标准详细信息

标准状态	现行
标准编号	T/CEEIA 654—2022
中文标题	零碳高效区域能源系统 设备碳足迹评价导则
英文标题	Zero-carbon and high energy efficiency district energy system Guide for evaluating equipment carbon footprint
国际标准分类号	01.040.27 能源和热传导工程【词汇】
中国标准分类号	
国民经济分类	D4420 电力供应
发布日期	2022年12月30日
实施日期	2022年12月30日
起草人	陈敏、江峰、李和芝、阮冬华、邵林勇、苏蔚、周翔、吴廷奎、李树强、刘丹华、郑海兴、仇来仪、段靖彬、马楠、薛楠、张健、范海东、杨银国、谭勇特、肖铁斌、尹雪芹、田浩、李健飞、毛智伟、姚贵博、汪子卓、洪凌、谷纪亭、孙立文、陆秋琳、张志勇、王猛、王晶轩、谢雨晨、林斌、汪天呈、黎忠森、 蔡正刚
起草单位	正泰集团研发中心(上海)有限公司,浙江大学,上海精泰技术有限公司,浙江省能源集团,国家电网公司浙江经研院,中国建筑西北设计研究院有限公司,隆基绿能科技股份有限公司,浙江蓝盾道科技有限公司,内蒙古电力公司电科院,广东电网有限责任公司电力调度控制中心,晶科电力科技有限公司,南方电网综合能源股份有限公司,国家电网集团科学技术研究院,南京大学,深圳市建筑设计研究总院有限公司,杭州源牌科技股份有限公司,公倍能源(山东)有限公司,华东勘测设计研究院,浙江正泰智慧能源服务有限公司,比亚迪汽车工业有限公司,天合光能股份有限公司,上能电气股份有限公司
范围	本文件提供了零碳高效区域能源系统中设备碳足迹的边界范围,碳排放计算及评价。本文件适用于零碳高效区域能源系统范围内消耗能源或资源的设备,以及该范围内的设备全生命周期过程的碳排放总量的综合评价。其他设备参考执行。
主要技术内容	本文件提供了零碳高效区域能源系统中设备碳足迹的边界范围,碳排放计算及评价。本文件适用于零碳高效区域能源系统范围内消耗能源或资源的设备,以及该范围内的设备全生命周期过程的碳排放总量的综合评价。其他设备参考执行。
是否包含专利信息	否
标准文本	不公开

标准公告

标准发布公告	2023/8/4 10:08:29
--------	-------------------

中国电器工业协会团体标准

XX/T XXXXX—XXXX

设备碳足迹评价导则

Terminology for zero-carbon and high energy efficiency district energy system

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

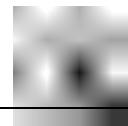
XXXX—XX—XX

中国电器工业协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 边界范围	4
5 碳排放计算	7
6 设备碳足迹评价	9
附录 A	11
附录 B	12
附录 C	13
参 考 文 献	14

基本信息	年份选择	年份年份	地区地区	年份年份	年份年份	年份年份	年份年份	年份年份
项目编号	2022-04-21-0000							
项目名称	大数据、人工智能技术在供应链管理中的应用研究							
项目类型	应用研究							
项目负责人	张三							
项目周期(起止日期)	2022-04-21 - 2024-06-30							
项目承担单位地址	北京市海淀区中关村大街10号							
单位名称	北京科技发展有限公司							
项目性质	研发类							
联系人电话	13801001234							
项目附件上传PDF	项目可行性报告.pdf 项目预算书.pdf							
合作形式	独家合作							
活动类别	1 应用研究							
所属行业领域	44 电力生产							
参与投入人力	男: 1人, 女: 1人, 博士: 0人, 硕士: 2人, 本科: 2人, 其他: 2人, 合计: 8人							
所属单位	电气工程及其自动化专业(080801)							
委托单位	中国电力建设集团北京电力勘测设计研究院有限公司							
项目附件	项目申请书.pdf 项目预算书.pdf							
是否有实验设备支撑	否							
备注								
所属部门	机电工程学院 - 智能制造系							
项目负责人	张三							
所在院系	智能制造系							
项目类别	应用研究							
合作形式	独家合作							
所属行业	44 电力、热力生产和供应业							
社会经济领域	应用研究							



密 级：非 密
合同编号：

大规模风-光-储系统 电磁暂态建模及仿真技术 总结报告

项目名称：_____

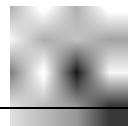
课题名称：_____

合同名称：_____

合同甲方：_____

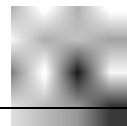
合同乙方：_____ 浙江大学 _____

年 月 日



目 录

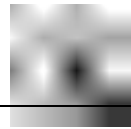
摘要	- 6 -
1. 报告背景、目的及意义	- 8 -
1.1 研究背景及意义	- 8 -
1.2 研究现状	- 10 -
2. 光伏发电系统	- 13 -
2.1 光伏发电及并网基本原理	- 13 -
2.1.1 光伏发电原理	- 13 -
2.1.2 光伏并网前级控制策略	- 15 -
2.1.3 光伏并网后级控制策略	- 17 -
2.2 光伏发电单元仿真模型	- 20 -
2.2.1 组串式光伏逆变器	- 20 -
2.2.2 集中式光伏逆变器	- 26 -
2.3 光伏电站聚合方法	- 31 -
2.3.1 等效聚合原则	- 31 -
2.3.2 受控源聚合等值法	- 32 -
2.3.3 等效参数等值法	- 33 -
2.4 光伏电站聚合仿真结果	- 37 -
2.4.1 组串式光伏逆变器的聚合仿真	- 38 -
2.4.13 四百八十台组串式逆变器并联聚合模型仿真结果	- 42 -
2.4.2 集中式光伏逆变器的聚合仿真	- 43 -
3. 风力发电系统	- 48 -
3.1 直驱永磁同步风力发电系统	- 48 -
3.1.1 直驱永磁同步发电机组的结构与原理	- 48 -
3.1.2 直驱永磁风电系统数学模型	- 50 -
3.1.2.1 风力机	- 50 -
3.1.2.2 发电机	- 52 -
3.1.2.3 变流器	- 54 -



- 3.1.3 直驱永磁同步风力发电系统仿真模型 - 58 -
- 3.1.3.1 风电机组各部分设置及仿真模型 - 58 -
- 3.1.3.2 机侧及网侧变流器控制策略仿真建模 - 65 -
- 3.1.4 直驱永磁同步风力发电系统仿真结果 - 67 -
- 3.2 风电场等值模型 - 72 -
- 3.2.1 等值原理 - 72 -
- 3.2.2 等效风电机组模型 - 72 -
- 3.2.2.1 等效风力机模型 - 73 -
- 3.2.2.2 等效发电机模型 - 74 -
- 3.2.2.3 等效变压器模型 - 75 -
- 3.2.2.4 等效变流器模型 - 75 -
- 3.2.2.5 集电线路等值模型 - 76 -
- 3.2.3 考虑尾流效应的风电场等值模型 - 77 -
- 3.2.3.1 尾流效应及数学模型 - 77 -
- 3.2.3.2 考虑尾流效应的风速 - 79 -
- 3.2.3.3 风电场的等值模型 - 80 -
- 3.2.4 风电场等值仿真模型及结果 - 82 -
- 3.2.4.1 风电机组各部分设置 - 82 -
- 3.2.4.2 仿真结果 - 85 -
- 3.2.5 考虑尾流效应的风电场等值仿真模型及结果 - 86 -
- 3.2.5.1 仿真模型 - 86 -
- 3.2.5.2 仿真结果 - 87 -
- 3.3 小结 - 89 -
- 4. 储能系统 - 90 -
- 4.1 储能系统结构与控制策略 - 90 -
- 4.1.1 储能系统结构 - 90 -
- 4.1.1 储能变流器控制策略 - 92 -
- 4.2 储能单元仿真模型 - 95 -
- 4.3 储能系统聚合方法 - 96 -



4.4 储能系统聚合仿真结果	- 98 -
5. 大规模风光储系统	- 100 -
5.1 大规模风光储系统联网运行	- 100 -
5.1.1 系统结构	- 100 -
5.1.2 PSCAD 仿真结果	- 101 -
5.2 大规模风光储系统孤岛运行	- 105 -
5.2.1 系统结构	- 105 -
5.2.2 控制策略	- 106 -
5.2.3 PSCAD 仿真结果	- 107 -
6. 总结	- 115 -

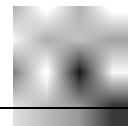


摘要

在能源危机与环境问题的背景下，风力发电、光伏等清洁能源的发展迅速，越来越多的大型新能源场站投入建设运行。由于风、光等新能源存在波动性、间歇性的问题，储能系统因其灵活的充放电特性常用于平抑风光发电系统的功率波动，因此大规模的风-光-储系统具有广泛的应用场景。然而风-光-储联合发电系统是由多台单机容量较小的风、光、储单元机组组成，详细的电磁暂态模型复杂、规模庞大，仿真计算时间过长，因此有必要对大规模风-光-储系统进行聚合等值建模研究。

光伏发电系统方面，本文首先研究光伏系统的典型硬件拓扑及控制策略，分析光伏系统关键设备的电磁暂态模型建模方法，包括光伏组件、组串式逆变器、集中式逆变器等模块。其次研究了基于参数等值法的大规模光伏发电系统的聚合建模方法，建立大规模光伏系统的聚合模型并通过仿真研究验证了聚合模型的准确性。

风力发电系统方面，本文首先搭建了单台永磁直驱风力发电系统并网仿真模型，包括风机、发电机、机侧变流器、网侧变流器和变压器等部分以及控制部分。其次介绍了风电场等值模型的等值原理，建立了风速相同以及风机参数相同情况下等效风电机组模型并通过仿真对比验证等效模型。最后，考虑到实际风电场中存在的尾流效应，建立了考虑尾流效应的多台风力机驱动单台发电机等值模型。



储能系统方面, 本文针对以下垂控制方式运行的储能变流器进行参数等值聚合建模, 分别包括储能电池、储能变流器及控制环节等部分, 最后通过搭建仿真模型验证储能系统聚合等值建模的有效性。

在光伏、风力发电及储能的研究基础上, 本文利用聚合等效模型研究大规模风-光-储系统的联网运行及孤岛运行方式, 分析了孤岛运行模式下孤岛电网电压稳定控制技术, 提出了大规模风-光-储系统联网运行及孤岛运行协调控制策略, 最后利用基于 PSCAD/EMTDC 仿真平台的大规模风-光-储系统电磁暂态模型, 对所提出控制策略的有效性进行了验证。

关键词: 风-光-储系统; 聚合等值建模; 孤岛运行