

南通大学

专业技术五级及以下岗位申报表

申报人姓名：	张新松
申报岗位等级：	专业技术 5 级
所在一级学科：	电气工程
现聘岗位等级：	专业技术 7 级
填表时间：	2019 年 5 月 4 日

填表说明

1. 本表一式一份。
2. 本表第一至第五项内容由本人填写，并附证明材料。
3. 表中各栏目要求认真填写，具体内容真实、详尽，全面科学地反映本人水平、能力和实绩；业绩成果均为本人任现职以来新增业绩（含任现职当年业绩，但不得重复使用），未达到申报条件的业绩成果无需填写，数据截止至 2018 年 12 月 31 日。
4. 所填报的业绩均须具有南通大学知识产权。
5. 本表用钢笔、签字笔填写，或采用 A4 纸张双面打印。若某些栏目填写不下的，可另加附页（附页不编页码，单面打印），并装订入内。
6. 所在一级学科参照 2018 年 4 月国务院学位委员会、教育部印发的《学位授予和人才培养学科目录》填写。

申报人承诺：

本表所填信息属实，所有申报材料均为任现专业技术职务以来的新增业绩。本人对本表所填写内容的真实性负全部责任。

申报人签名：张新伟

2019年 5月 5日

一、基本情况

姓名	张新松	性别	男	民族	汉	籍贯	江苏海安
出生年月	1980 年 4 月	政治面貌	中共党员	来校工作年月	2006 年 2 月		
健康状况	良好	联系电话	15851254360	邮箱	zhang.xs@ntu.edu.cn		
所在一级学科	电气工程			申报专业技术岗位等级	专业技术 5 级		
现聘专业技术职务及聘任时间 (转评专业技术职务分行填写)		专业技术 7 级, 2015 年 7 月					
是否遵纪守法, 具有良好的品行和职业道德, 具有良好的学术声誉、学术道德和合作精神						是	

二、年度考核情况

任现职以来, 各年度综合考核是否均为合格及以上			是
近三年 年度考核情况	<u>2016</u> 年	<u>2017</u> 年	<u>2018</u> 年
	优秀 ✓	优秀 ✓	良好 ✓

三、教学工作情况

1. 任现职以来, 年度教学质量考核优秀次数 (注明年份)			是
2. 近三年教学质量考核情况	<u>2016</u> 年	<u>2017</u> 年	<u>2018</u> 年
	优秀	优秀	良好

四、任现职以来业绩

1. 教师荣誉 (申报条件附表条款 1)

获得时间	称号名称	授予部门

--	--	--

2.人才称号（申报条件附表条款 2）

获得时间	称号名称	授予部门
√ 2015 年 10 月	江苏省“六大人才高峰”高层次人才选拔培养对象	江苏省人力资源和社会保障厅

3.团队建设（申报条件附表条款 3）

获得时间	团队名称	本人角色	批准部门

4.教学平台、公共服务平台负责人（申报条件附表条款 4）

获得时间	平台名称	本人角色	批准部门

5.专业建设负责人（申报条件附表条款 5）

获得时间	专业建设名称	本人角色	批准部门

6.学科、科研平台负责人（申报条件附表条款 6）

获得时间	平台名称	本人角色	批准部门

7.教学成果奖（申报条件附表条款 7）

获得时间	奖项级别	奖项等级	本人排名	评奖部门

8. 自然科研成果奖（申报条件附表条款 8）

获得时间	奖项名称	奖项等级	本人排名	评奖部门
2018 年 3 月	2017 年度中国电工技术学会科学技术奖	二等	5/	中国电工技术学会

9. 专利奖（申报条件附表条款 9）

获得时间	奖项名称	奖项等级	本人排名	评奖部门

10. 指导学生（申报条件附表条款 10）

获得时间	奖项名称	奖项等级	本人排名	评奖部门

11. 科研项目（申报条件附表条款 11）

起止时间	项目名称	立项单位	项目级别	本人角色
2015.01-2017.12	大型电池储能电站调度特性建模及考虑不确定性的调度策略随机优化	国家自然科学基金委员会	国家级	主持人
2017.01-2019.12	纯电动汽车对城市电网的影响和应对策略研究	国家自然科学基金委员会	国家级	校内联系人
2015.10-2018.09	高可再生能源渗透背景下城市微电网建模及优化调度研究	江苏省人力资源和社会保障厅	省部级	主持人
2019.01-2022.12	面向大规模风电消纳的电、热储能协同规划	国家自然科学基金委员会	国家级	主持人

12. 教学项目（申报条件附表条款 12 内容）

15.标准制定（申报条件附表条款 15）

颁布时间	制定标准名称	本人角色	标准颁布主体

五、符合申报岗位条件情况

对照《南通大学电气工程学院 2019 年基础岗位新增聘用办法》，本人认为符合条件为：

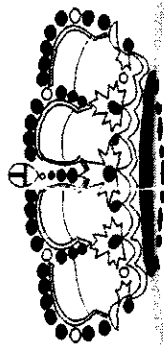
聘任 副高（副高、中级）专业技术职务满 3 年，具备附表 1 中所列的第 2、
8、11、13 项条件，以及附表 中所列的第 、 、 、 、 项条件。

六、学院意见

经评审， 同志拟聘为专业技术 级岗位。

电气工程学院岗位聘用工作小组组长签字：

年 月 日



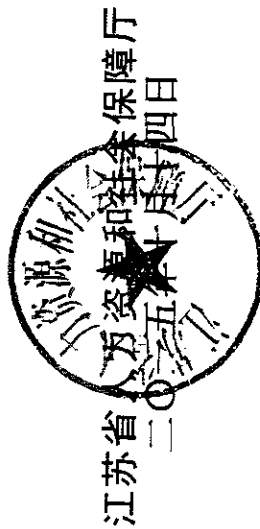
證書

张新松同志:

经专家评审委员会评审, 您被列为“六大人才高峰”高层次人才
选拔培养对象, 您主持的
高可再生资源渗透背景下城市微电网建模及优化调度
研究
列入2015年度“六大人才高峰” C 类资助项目。

特发此证。

NO 2015-ZNDW-009



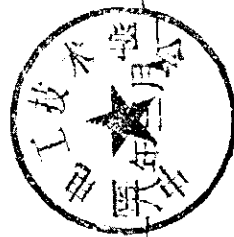
2017 年度中国电工技术学会 科学技术奖证书

获奖项目：海底柔性直流多端能源信息传输系统先进制造与运行控制

奖励等级：贰等

完成单位：南通大学, 中天科技海缆有限公司

主要完成人员：顾菊平, 张建民, 华亮, 胡明, 张新松, 薛建林, 张洪亮, 付长琦
李俊红, 徐一鸣



二〇一八年三月二十二日

关于国家自然科学基金资助项目批准及有关事项的通知

南通大学 张新松 先生/女士:

根据《国家自然科学基金条例》的规定和专家评审意见,国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)决定批准资助您的申请项目。项目批准号:

51407097, 项目名称: 大型电池储能电站调度特性建模及考虑不确定性的调度策略随机优化, 资助金额: 22.00万元, 项目起止年月: 2015年01月至 2017年12月, 有关项目的评审意见及修改意见附后。

请尽早登录科学基金网络信息系统(<https://isis.nsfc.gov.cn>), 获取《国家自然科学基金资助项目计划书》(以下简称计划书)并按要求填写。对于有修改意见的项目, 请按修改意见及时调整计划书相关内容; 如对修改意见有异议, 须在计划书电子版报送截止日期前提出。

计划书电子版通过科学基金网络信息系统(<https://isis.nsfc.gov.cn>)上传, 由依托单位审核后提交至自然科学基金委进行审核。审核未通过者, 返回修改后再行提交; 审核通过者, 打印(建议双面打印)为计划书纸质版(一式两份), 由依托单位审核并加盖单位公章后报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。计划书电子版和纸质版内容应当保证一致。

向自然科学基金委提交和报送计划书截止时间节点如下:

- 1、提交计划书电子版截止时间为**2014年9月11日16点**(视为计划书正式提交时间);
- 2、提交计划书电子修改版截止时间为**2014年9月18日16点**;
- 3、报送计划书纸质版截止时间为**2014年9月26日16点**。

请按照以上规定及时提交计划书电子版, 并报送计划书纸质版, 未说明理由且逾期不报计划书者, 视为自动放弃接受资助。

附件: 项目评审意见及修改意见

国家自然科学基金委员会
工程与材料科学部
2014年8月15日



项目批准号	51607098
申请代码	E070401
归口管理部门	
依托单位代码	22601908A0697-1266



516070981008127

国家自然科学基金委员会 资助项目计划书

资助类别：青年科学基金项目

亚类说明：

附注说明：

项目名称：纯电动汽车对城市电网的影响和应对策略研究

直接费用：20万元 执行年限：2017.01-2019.12

负责人：钱科军

通讯地址：江苏省南通市啬园路9号

邮政编码：226019 电 话：0513-85012608

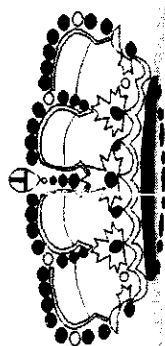
电子邮件：kejun.qian@hotmail.com

依托单位：南通大学

联 系 人：施振佳 电 话：0513-85012139

填表日期：2016年08月27日

国家自然科学基金委员会制



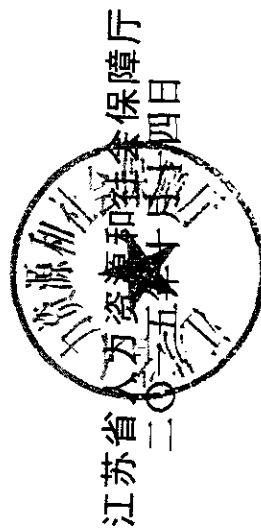
證書

张新松同志:

经专家评审委员会评审, 您被列为“六大人才高峰”高层次人才
选拔培养对象, 您主持的 高可再生资源渗透背景下城市微电网建模及优化调度
研究
列入2015年度“六大人才高峰” C 类资助项目。

特发此证。

NO 2015-ZNDW-009



关于国家自然科学基金资助项目批准及有关事项的通知

张新松 先生/女士:

根据《国家自然科学基金条例》的规定和专家评审意见,国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)决定批准资助您的申请项目。项目批准号:

51877112,项目名称:面向大规模风电消纳的电、热储能协同规划,直接费用:55.00万元,项目起止年月:2019年01月至2022年12月,有关项目的评审意见及修改意见附后。

请尽早登录科学基金网络信息系统(<https://isisn.nsfc.gov.cn>),获取《国家自然科学基金资助项目计划书》(以下简称计划书)并按要求填写。对于有修改意见的项目,请按修改意见及时调整计划书相关内容;如对修改意见有异议,须在计划书电子版报送截止日期前提出。

计划书电子版通过科学基金网络信息系统(<https://isisn.nsfc.gov.cn>)上传,由依托单位审核后提交至自然科学基金委进行审核。审核未通过者,返回修改后再行提交;审核通过者,打印为计划书纸质版(一式两份,双面打印),由依托单位审核并加盖单位公章后报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。计划书电子版和纸质版内容应当保证一致。向自然科学基金委提交和报送计划书截止时间节点如下:

- 1、提交计划书电子版截止时间为**2018年9月11日16点**(视为计划书正式提交时间);
- 2、提交计划书电子修改版截止时间为**2018年9月18日16点**;
- 3、报送计划书纸质版截止时间为**2018年9月26日16点**。

请按照以上规定及时提交计划书电子版,并报送计划书纸质版,未说明理由且逾期不报计划书者,视为自动放弃接受资助。

附件:项目评审意见及修改意见表

国家自然科学基金委员会
工程与材料科学部
2018年8月16日

Scheduling wind-battery energy storage hybrid systems in time-of-use pricing schemes

 Xinsong Zhang^{1,2}, Juping Gu¹✉, Yue Yuan³, Liang Hua¹, Yanchi Shen¹
¹College of Electrical Engineering, Nantong University, Nantong, People's Republic of China

²Key Laboratory of Jiangsu Higher Education Institutions for New Energy Equipments and Intelligent Measure and Control, Nantong, People's Republic of China

³College of Energy and Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing, People's Republic of China

✉ E-mail: gu.jp@ntu.edu.cn

ISSN 1751-8687

Received on 28th November 2017

Revised 10th March 2018

Accepted on 25th March 2018

E-First on 27th April 2018

doi: 10.1049/iet-gtd.2017.1878

www.ietdl.org

Abstract: Battery energy storage systems (BESSs) are incorporated into wind farms to gain more profits by shifting energy over time and to track predetermined power schedules. In operations, charging/discharging power of the BESS is adjusted flexibly to follow the power schedules of the wind-BESS hybrid systems (W-BESS-HS), which are set to be the sum of short-term predicted wind powers and charging/discharging schedules of the BESS. In order to extend lifetime of batteries, the BESS operation is subject to a sequential charging/discharging state sequence, which is predetermined according to time-of-use (ToU) pricing schemes. An iteration scheme is presented to update scheduled charging/discharging rates of the BESS according to simulation results based on sequential Monte-Carlo simulation (SMCS) technology so that the W-BESS-HS can not only meet a probabilistic requirement on generation schedule tracking but also gain further economic benefits by achieving a trade-off between punishments resulted from power deviations and wind power curtailment losses. In the SMCS simulation, a series of real-time indices are presented to evaluate performances of the W-BESS-HS at every dispatching interval and provide updating directions of the iteration scheme. The research work can provide theoretical support when operating the W-BESS-HS in ToU pricing schemes.

1 Introduction

Due to the foreseeable depletion of fossil energy resource and the urgent need for carbon dioxide emissions reduction, wind power technology has achieved a rapid progress all around the world [1]. Unfortunately, wind powers are inherently intermittent and fluctuant, so large-scale integrations of wind powers will inevitably raise difficulties on operation and control of electric power systems [2]. It is more serious that traditional generators often cannot balance intermittences and fluctuations of the wind power entirely when penetration levels of wind powers increased to a significant portion of the total load. Under these conditions, certain amounts of wind powers are curtailed to ensure necessary power balance [3].

Energy storage systems provide an appropriate option to cope with intermittences and fluctuations of the wind power by storing or releasing energy immediately in response to the system needs. At present, energy storage technologies that can support wind power integration include pumped hydro storage, compressed air energy storage, battery energy storage and so on [4–18]. Among these energy storage technologies, batteries which have very rapid response time (<s), small self-discharge loss and high round-trip efficiency attached more and more attentions. If a wind farm (WF) is integrated with battery energy storage systems (BESSs), it can follow desired power schedules and even provide frequency response like a conventional power plant to some extent [7, 8]. Up to date, many demonstration projects with respect to wind-BESS hybrid systems (W-BESS-HS) have been built and operated [9].

At the same time as the projects are demonstrated, how to operate a W-BESS-HS in a better performance becomes a research focus [10–18]. In [10, 11], a BESS was incorporated into a WF to enable the WF to generate as certain power schedules predetermined according to wind power forecasting results. In operations, wind powers always fluctuate randomly around predetermined power schedules. Under this circumstance, the BESS will alternate between the charging and discharging states frequently, and consequently it will shorten the BESS lifetime.

Since batteries are still expensive, extending battery lifetime is of great importance when we operating a W-BESS-HS. The critical factor of extending battery lifetime is to avoid frequent state exchanging of the BESS, i.e. ensure the battery operates under full charge–discharge circles as far as possible.

The approaches of extending battery lifetime generally fall into two categories: one is to optimise operation strategy of the BESS [12, 13]; another is to update the topology of the W-BESS-HS [14–18]. In [12], the desired power schedules were predetermined according to maximum or minimum levels of wind power during following dispatching intervals (DIs) to make the BESS undergo full charge–discharge circles. Yuan *et al.* [13] took into account battery operation costs when optimising operation strategies of the BESS, accordingly the BESS were forced to undergo full charge–discharge circles for reducing battery operation costs. Yao *et al.* [14, 15] designed a W-BESS-HS with dual-BESSs topology, in which one BESS is charged by wind powers, and another discharges to grids according to certain output schedules. In [16–18], another topology of the W-BESS-HS was presented, in which two BESSs are, respectively, utilised to compensate positive and negative power deviations between wind powers and predetermined power schedules. Obviously, the dual-BESSs topology can ensure the battery operates under full charge–discharge circles easily but will lead to more BESS capacity requirements. At present, batteries are still expensive, so the single-BESS topology is adopted in present work. In order to avoid frequent state exchanging of the BESS, the BESS operation is strictly subject to a sequential charging/discharging state sequence, which is determined in advance according to time-of-use (ToU) pricing schemes [19]. In present work, the ToU pricing scheme is extended from power consumer side to power generation side, i.e. electricity selling prices also vary with periods, offering the W-BESS-HS an opportunity to gain more profits by shifting energy over time through the BESS.

In literatures listed above, only one specific application purpose was considered in each paper when controlling the BESS. However, batteries are still rather expensive, so dispatching the

On Generation Schedule Tracking of Wind Farms With Battery Energy Storage Systems

Xinsong Zhang, Yue Yuan, *Member, IEEE*, Liang Hua, Yang Cao, and Kejun Qian

Abstract—This paper is based on an idea that battery energy storage systems (BESSs) are integrated into wind farms (WFs) thus to enable the BESS-integrated WF to inject energy into power grids as certain generation schedule determined previously according to wind power fluctuations and BESS characteristics. It is proposed in the paper that the BESS is divided into two parts and controlled independently to compensate stochastic power deviations between wind power and the predetermined generation schedules. Sequential Monte Carlo simulation technology is utilized to simulate operations of the BESS-integrated WF during a year. Technical performances on generation schedule tracking together with benefits, costs, and profits attributed to the BESS are subsequently quantified by a series of indices proposed in this paper. Simulations on a certain WF show that the proposed methodology is effective and BESS profits can completely cover the cost regardless of the state exchanging strategy. Simulation results also show that the charging/discharging state exchanging strategy of the BESS has significant impacts on the BESS-integrated WF. The proposed work in this paper can provide theoretical support when designing a BESS-integrated WF.

Index Terms—Battery energy storage systems (BESSs), power generation schedule tracking, sequential Monte Carlo simulation, state exchanging strategy, wind power fluctuation.

NOMENCLATURE

P_w	Output power of the wind farm (WF).
P_b	Charging/discharging power of the battery energy storage systems (BESSs).
P_{w-BESS}	Output power of the BESS-integrated WF.
P_F	Forecasted wind power of the WF.
x	Stochastic variable that denotes per unit value of wind power in the versatile distribution.
α, β, γ	Shape parameters of the versatile distribution.
P_s	Submitted power generation schedule.
E_{ch}	Expected charging energy during a dispatching interval (DI).

E_{dis}	Expected discharging energy during a DI.
T	Length of DI.
η_{BESS}	Battery efficiency parameter.
i	Index of DI.
$P_{w,i}$	Real wind power at DI i .
$P_{s,i}$	Desired injected power at DI i fixed by the generation schedule.
ΔP_i	Power deviation between $P_{w,i}$ and $P_{s,i}$.
S_{min}	Minimum allowable value of battery state-of-charge (SOC).
S_{max}	Maximum allowable value of battery SOC.
$S_{1,i}$	SOC of BESS I at DI i .
$S_{2,i}$	SOC of BESS II at DI i .
$P_{r, ch}$	Rated charging power of the BESS with unit capacity.
$P_{r, dis}$	Rated discharging power of the BESS with unit capacity.
E_c	Capacity of the BESS.
η_{ch}/η_{dis}	Charging/discharging efficiency of the BESS.
$P_{mcI,i}$	Maximum allowable charging power provided by BESS I at DI i .
$P_{mcII,i}$	Maximum allowable charging power provided by BESS II at DI i .
$P_{mdI,i}$	Maximum allowable discharging power provided by BESS I at DI i .
$P_{mdII,i}$	Maximum allowable discharging power provided by BESS II at DI i .
$P_{bI,i}$	Charging/discharging power of BESS I at DI i .
$P_{bII,i}$	Charging/discharging power of BESS II at DI i .
$P_{wc,i}$	Curtailed wind power at DI i .
$P_{w-BESS,i}$	Injected power of the BESS-integrated WF.
$M_{in,i}$	Income of the BESS-integrated WF at DI i .
$M_{in-wind,i}$	Income of the WF at DI i .
ρ_1	Electricity price.
ρ_2	Price when the BESS-integrated WF is penalized due to the power deviations between the injected power and desired generating schedule.
M_{PGST}	Value of index probabilities of generating schedule tracking (PGST).
M_{EIED}	Value of index expected injected energy deviations (EIED).
n	Number of DI during the studied time horizon.
$P_r\{\cdot\}$	Probability of the event given in the brace.
M_{obb}	Operation benefits of the BESS (OBB) of the BESS-integrated WF.
M_{orb}	Costs of the BESS (OCB) of the BESS-integrated WF.
M_{opb}	Operation profits of the BESS (OPB) of the BESS-integrated WF.

Manuscript received December 12, 2015; revised March 24, 2016 and June 1, 2016; accepted August 5, 2016. Date of publication August 10, 2016; date of current version December 14, 2016. This work was supported in part by the National Natural Science Foundation of China under Grants 51477041 and 51407097 and in part by Six Talent Peaks Project of Jiangsu Province of China (2015-ZNDW-009). Paper no. TSTE-01011-2015.R2.

X. Zhang and L. Hua are with the School of Electrical Engineering, Nantong University, Nantong, 226019 China (e-mail: prettybble@163.com; Hualiang@ntu.edu.cn).

Y. Yuan and Y. Cao are with the College of Energy and Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing, 210098 China (e-mail: yyuan@hhu.edu.cn; caoyang198828@126.com).

K. Qian is with Suzhou Power Supply Company, State Grid Corporation of China, Beijing, 215004 China (e-mail: kejun.qian@xjtlu.edu.cn).

Color versions of one or more of the figures in this paper are available online at <http://ieeexplore.ieee.org>.

Digital Object Identifier 10.1109/TSTE.2016.2598823

基于等效聚合的大型互联电网风电接纳能力

曹 阳¹, 刘 纯², 黄越辉², 张新松³, 礼晓飞², 袁 越¹

(1. 河海大学能源与电气学院, 南京 210098; 2. 中国电力科学研究院, 北京 100192;

3. 南通大学电气工程学院, 南通 226019)

摘 要: 在提供清洁能源在全球范围大规模开发、利用的基础平台的同时, 全球能源互联网显著增加了系统风电接纳能力分析的計算量与难度。为此提出了一种等效聚合方法, 对电网、常规机组以及风电场出力模型进行等效聚合, 实现了对大型互联电网在不同运行方式下的逐时段运行快速生产模拟。基于此, 在考虑多种风电接纳影响因素的基础上, 建立了符合我国现阶段电力国情的中长期风电接纳能力评估模型。回算校验我国东北互联电网2015年实际运行数据, 证明了本文所提的基于等效聚合的风电接纳能力评估模型的有效性。最后, 提出了促进大型互联电网风电充分接纳的有效措施。本文研究工作对全球能源互联背景下, 含大规模清洁能源并网的大型互联系统中长期规划、调度运行模式有着重要的指导意义。

关键词: 能源互联网; 等效聚合; 时序生产模拟; 风电接纳能力; 系统规划调度

Wind Power Accommodation Capability of Large-scale Interconnected Power Grid Based on Equivalent Aggregation Method

CAO Yang¹, LIU Chun², HUANG Yuehui², ZHANG Xinsong³, LI Xiaofei², YUAN Yue¹

(1. College of Energy and Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China; 3. School of Electrical Engineering, Nantong University, Nantong 226019, China)

Abstract: The global energy internet is the base platform for exploitation and utilization of clean energy at large scale, however, the computational complexity and difficulty in wind accommodation will be increased significantly. Consequently, we propose an equivalent aggregation method so that the fast simulated execution speed can be achieved by equivalent aggregation of grids, conventional power units, and wind farms. Thereby, a medium- and long-term wind power accommodation model with a consideration of wind curtailment factors which conforms to our country national condition is proposed. Simulations are conducted on an actual regional power system in northeast part of China, and the results have validated the proposed model and corresponding solving algorithms. Finally, some effective measures to improve the wind power accommodation capability are put forward by the simulation results. The presented optimization results provide effective guidance for the medium- and long-term planning and dispatching of the power system with large-scale integrations of wind farms under the background of global energy internet.

Key words: energy internet; equivalent aggregation; time sequence production simulation; wind power accommodation capability; planning and dispatching of the power system

0 引言

构建全球能源互联网, 是清洁能源在全球范围大规模开发、配置、利用的基础平台, 是世界能源可持续发展问题的有效解决方案^[1]。风能是目前开发利用规模最大的清洁能源, 但其时空能量密度低, 无法直接富集、运输和存储, 必须将其转换为电能。

然而, 风电具有与生俱来的间歇性与随机波动特性以及时空尺度上的不可调度性^[2-3]。其大规模并网将对电网调度运行带来极大的压力^[4-5]。

以我国为例, 2015年我国风电“弃风”限电形势加剧, 全年“弃风”电量339亿kW·h, 同比增加213亿kW·h, 平均“弃风率”15%, 同比增加7个百分点, 特别是风电发展最为迅猛的“三北”地区, 由于风电预测精度^[6], 电网调峰能力以及传输能力限制, “弃风”现象更为严重, 其中甘肃省的“弃风率”高达39%^[7]。同年, 《关于进一步深化电力体

基金资助项目: 国家科技支撑计划(2015BAA01B01); 国家自然科学基金(51477041, 51407097);
Project supported by Key Projects in the National Science & Technology Program of China (2015BAA01B01), National Natural Science Foundation of China (51477041, 51407097).

- [16] Aidan T, Peter M, Eleanor D, et al. Unit commitment for systems with significant wind penetration[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2009, 24(2): 592-601.
- [17] 叶 荣, 陈皓勇, 王 钢, 等. 多风电场并网时安全约束机组组合的混合整数规划解法[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(5): 29-33.
YE Long, CHEN Haoyong, WANG Gang, et al. A mixed integer programming method for security-constrained unit commitment with multiple wind farms[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(5): 29-33.
- [18] 曹 阳, 李 鹏, 袁 越, 等. 基于时序仿真的新能源接纳能力分析及其低碳效益评估[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(17): 60-66.
CAO Yang, LI Peng, YUAN Yue, et al. Analysis on accommodation capability of renewable energy and assessment on low-carbon benefits based on time sequence simulation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(17): 60-66.
- [19] Zhang Z S, Sun Y Z, D Gao, et al. A versatile probability distribution model for wind power forecast errors and its application in economic dispatch[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2013, 28(3): 3114-3125.
- [20] 贺 兴, 艾 芊, 余志文, 等. 电力生态系统视角下的电网演变及电力系统聚合理论[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(22): 100-107.
HE Xing, AI Qian, YU Zhiwen, et al. Power system evolution and aggregation theory under the view of power ecosystem[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(22): 100-107.



CAO Yang

Ph.D. candidate

曹 阳

1988—, 男, 博士生

主要从事新能源接纳能力评估及调度运行技术的研究工作

E-mail: caoyang1988828@126.com



ZHANG Xinsong

Ph.D.

Associated professor

Corresponding author

张新松(通信作者)

1980—, 男, 博士, 副教授

主要从事电力系统优化、可再生能源发电技术与储能并网技术方面的研究工作

E-mail: prettypebble@163.com

收稿日期 2016-02-22 修回日期 2016-07-15 编辑 曹昭君

基于蒙特卡洛模拟的电池储能系统容量优化配置

张新松¹, 袁越², 茅靖峰¹, 顾菊平¹, 曹阳², 华亮¹, 郭晓丽¹

(1. 南通大学 电气工程学院, 江苏 南通 226019; 2. 河海大学 能源与电气学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 电池储能系统(BESS)可使风电场具备一定的发电计划跟踪能力,有必要研究风电场中的 BESS 容量优化问题。根据 BESS 技术特性与风功率波动特性制定发电计划, BESS 分两部分运行, 分别处于充、放电状态, 交替平抑风功率与发电计划间的正、负偏差。一旦任一部分 BESS 到达满充或满放状态, 则同时切换两部分 BESS 的工作状态。采用蒙特卡洛模拟技术对风-储混合电站一年内的运行状况进行模拟, 并计算发电计划跟踪概率与 BESS 运行利润。在确保风-储混合电站按期望置信度跟踪发电计划的基础上, 依据利润最大化的原则对 BESS 容量进行优化。基于某风电场历史数据的仿真实验验证了所提模型及算法的有效性。

关键词: 风电; 发电计划; 电池储能系统; 蒙特卡洛模拟; 运行利润; 发电计划跟踪概率

中图分类号: TM 73

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2017.04.012

0 引言

经过多年快速发展,我国部分电网的风电渗透率已达到较高的水平,成为电网主力电源之一。然而,风电具有随机波动特性^[1]且极难精确预测^[2],其大规模并网增加了系统调度的复杂程度,甚至可能导致弃风^[3]。

电池储能系统 BESS(Battery Energy Storage System)具有灵活充放电能力,可有效平衡风功率的随机波动,进而有望解决风电并网引起的一系列问题^[4]。近年来, BESS 与风电场联合并网成为电气工程领域的研究热点之一^[5-11]。风-储混合电站中的 BESS 功能主要包括风功率波动平抑^[5]、套利调度^[6]以及发电计划跟踪^[7-11]等。

本文关注的重点是风-储混合电站的发电计划跟踪问题。风功率的随机波动增加了系统备用需求,进而增加了运行成本^[12]。为减少备用,调度中心希望风电场能按发电计划向电网注入功率,一般而言,该发电计划可在风速/风功率预测的基础上给出^[7]。风功率具有与生俱来的随机波动特性,因此,风-储混合电站发电计划跟踪的核心是控制 BESS 充、放电功率,使其尽量弥补风功率与发电计划间的随机偏差。文献[7-8]分析了 BESS 用于发电计划跟踪的可能性,并详细讨论了 BESS 运行策略,但没有考虑 BESS 运行成本,此外,也未对 BESS 容量优化配置进行讨论。

目前,专门讨论 BESS 用于风力发电计划跟踪

时容量优化配置的研究较少,但已逐渐引起学者们的关注^[9-11]。在对风功率以及负荷曲线进行频谱分析的基础上,文献[9]以不同等级的平均功率作为储能的动作目标,并根据一年中最恶劣的一天配置储能容量,但该文献暂未考虑储能成本。为克服此缺陷,文献[10-11]均在 BESS 容量优化配置中考虑了储能成本。以荷电状态 SOC(State Of Charge)为依据,文献[10]提出了考虑储能运行寿命与经济性的 BESS 容量配置模型,并采用改进粒子群优化算法进行了求解;文献[11]则提出了一种基于截止正态分布的 BESS 容量优化配置方法,实现了发电计划跟踪效果与 BESS 经济性之间的平衡。

在确保风-储混合电站按给定概率跟踪发电计划的前提下,本文依据运行利润最大化原则优化 BESS 容量。为计算发电计划跟踪概率与 BESS 运行利润,采用蒙特卡洛模拟技术对风-储混合电站一年内的运行状况进行了模拟。风功率与发电计划间的随机偏差将导致 BESS 在充、放电状态间频繁切换,从而快速耗尽 BESS 有限的循环寿命^[13]。为避免 BESS 在充、放电状态间频繁切换,本文将 BESS 分为容量相等的两部分,各自处于不同的充、放电状态,交替工作,分别用于平衡风功率与发电计划间的正、负偏差。基于某风电场历史数据的仿真实验验证了本文所提模型及算法的有效性。

1 BESS 技术特性与风-储混合电站

1.1 风-储混合电站结构

现阶段,因具有能量密度高、响应时间快、维护成本低、灵活方便等优点,电化学储能成为大规模储能技术的主要发展方向^[14]。BESS 主要由电化学电池组以及功率控制、调节系统构成,显然,电池组是 BESS 的核心部件,在很大程度上决定了 BESS 性能。

由于具备与生俱来的随机波动特性,风电场无

收稿日期:2016-07-23;修回日期:2017-01-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51407097,61673226);江苏省六大人才高峰资助计划(2015-ZNDW-009);江苏省自然科学基金资助项目(BK20141238)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China(51407097,61673226),Six Talent Peaks Project of Jiangsu Province(2015-ZNDW-009) and the Natural Science Foundation of Jiangsu Province(BK20141238)

考虑损耗成本的电池储能电站建模及优化调度

张新松¹, 袁越², 曹阳²

(1. 南通大学 电气工程学院, 江苏省 南通市 226019;

2. 河海大学 能源与电气学院, 江苏省 南京市 210098)

Modeling and Scheduling for Battery Energy Storage Station With Consideration of Wearing Costs

ZHANG Xinsong¹, YUAN Yue², CAO Yang²

(1. College of Electrical Engineering, Nantong University, Nantong 226019, Jiangsu Province, China;

2. College of Energy and Electrical, Hohai University, Nanjing 210098, Jiangsu Province, China)

ABSTRACT: In order to improve integration benefit of wind power and decrease wind power curtailment, battery energy storage station (BESS) is incorporated into electrical power systems. A BESS dispatching characteristic model was built with wearing costs estimated according to investing costs and numbers of charging-discharging cycles. A BESS dispatching model was subsequently proposed with reserve capacities provided by wind powers considered. In some scenarios, certain parts of wind powers were forced curtailed, so scheduling models presented here had two optimization objects, i.e. minimum operation costs and maximum integrated wind power. In order to address this problem, two sub-optimization objects were respectively fuzzed with membership functions, and a single-object optimization formulation based on maximum satisfaction degree was presented. CPLEX solver in GAMS software was utilized to solve the scheduling model presented here. Simulation tests based on certain real provincial power system located in Northeast China show that BESS incorporation can improve wind power integration capacity remarkably and dispatching based on maximum satisfaction degree can achieve more reasonable schedules.

KEY WORDS: battery energy storage station (BESS); modeling of dispatching characteristics; wearing costs; wind power integrations; maximum satisfaction degree

摘要: 为提高风电并网效益, 减少弃风, 在电网中接入电池储能电站(battery energy storage power station, BESPS)。首

先, 建立了考虑损耗成本的 BESPS 调度特性模型, 该损耗成本由 BESPS 投资成本与调度区间内的充放电循环次数估算; 然后, 在考虑风电可信容量的基础上构建了 BESPS 调度模型。某些情况下, 系统很难全额消纳风电, 因此, 调度模型具有运行成本最小与风电接纳最大 2 个不同维度的优化目标。为求解此问题, 基于隶属度函数将 2 个子优化目标模糊化, 构建了基于最大满意度的单目标优化模型, 并采用 GAMS 软件提供的 CPLEX 求解器对其进行求解。基于我国东北某实际省级电网的仿真实验说明: BESPS 接入可显著提升系统风电接纳能力, 且基于最大满意度的优化调度可给出更为合理的结果。

关键词: 电池储能电站; 调度特性建模; 损耗成本; 风电接纳; 最大满意度

DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2016.1957

0 引言

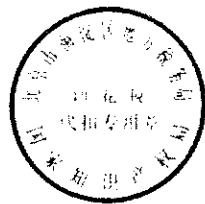
近年来, 风电在我国得到了飞速发展, 成为电网主力电源之一^[1]。然而, 风电具备与生俱来的不确定性与随机波动特性^[2-3], 且较难精确预测, 给电网调度带来了极大压力, 甚至被迫“弃风”。2009 年以来, 我国电网出现了极为严重的“弃风”现象, 据统计, 2012 年、2013 年和 2014 年, 连续 3 年的“弃风”电量均超过 100 亿 kW·h^[4]。

近年来, 电池储能技术的快速进步为解决风电并网导致的一系列问题(尤其是“弃风”问题)提供了全新的机遇, 其灵活的功率调节能力有望在很大程度上平衡风功率的间歇性与随机波动特性, 促进风电消纳^[5]。近年来, 电池储能系统(battery energy storage system, BESS)与风电场联合并网成为电气工程领域的研究热点之一^[6-11]。现阶段, BESS 配置在风电场中主要起风功率波动平抑^[6-7]、发电计划跟

基金项目: 国家自然科学基金项目(51407097, 61673226); 江苏省博士后科研资助计划(1601117C); 江苏省高校自然科学基金项目(15KJB470013, 16KJB470014)。

Project Supported by National Natural Science Foundation of China (51407097, 61673226); Jiangsu Planned Projects for Postdoctoral Research Funds (1601117C); Natural Science Foundation of Jiangsu Colleges (15KJB470013, 16KJB470014)。

证书号第2251688号



发明专利证书

发明名称：基于多目标优化的电网日前风电接纳能力评估方法

发明人：张新松；邱爱兵；郭晓丽；李智；王胜锋；华亮；王建平

专利号：ZL 2015 1 0031432.3

专利申请日：2015年01月21日

专利权人：南通大学

授权公告日：2016年09月28日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年01月21日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



证书号第2012595号



发明专利证书

发明名称：实施双电池组在线运行策略的风储混合电站

发明人：张新松；李智；顾菊平；郭晓丽；华亮；朱建红；易龙芳

专利号：ZL 2014 1 0582544.3

专利申请日：2013年08月20日

专利权人：南通大学

授权公告日：2016年04月06日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算，专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年08月20日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



证书号第2635392号



发明专利证书

发明名称：一种快速电动汽车充电方案优化方法

发明人：张新松；郭晓丽；顾菊平；华亮；李智；王亚芳；王建平

专利号：ZL 2015 1 0097153.7

专利申请日：2013年08月20日

专利权人：南通大学

授权公告日：2017年09月22日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年08月20日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



证书号第1761780号



发明专利证书

发明名称：一种基于系统边际发电成本的电动汽车充电方案优化方法

发明人：张新松；郭晓丽；顾菊平；华亮；李智；王亚芳；王建平

专利号：ZL 2013 1 0365531.6

专利申请日：2013年08月20日

专利权人：南通大学

授权公告日：2015年08月19日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年08月20日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨

