



QK2004727

电力系统自动化

半月刊

AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS SEMIMONTHLY



务实 求精 协作 创新

Practice, Improvement, Cooperation and Innovation



服务电力系统

保障电网安全

提供三大解决方案

- 电力保护控制自动化系统
- 直流与柔性交直流输配电系统
- 工业用能管理与控制系统

南京南瑞继保电气有限公司
NR ELECTRIC CO., LTD.

ISSN 1000-1026



9 771000 102209

万方数据



2020 2

国网电力科学研究院有限公司主办
第44卷 第2期 总第672期

电力系统自动化

DIANLI XITONG ZIDONGHUA

第44卷第2期(总第672期) 2020年1月25日出版

1977年创刊

《电力系统自动化》

编辑委员会

名誉主任委员 舒印彪
主任委员 冷俊
副主任委员 王益民 吴维宁
郑玉平 薛禹胜

委 员 (以姓氏笔画为序)

丁 怡	于继来	卫志农	王小红
王剑辉	方勇杰	尹项根	艾 芊
帅智康	叶 林	毕天姝	任雁铭
刘玉田	刘明波	刘 念	刘俊勇
刘 健	汤 奕	许树楷	孙华东
孙宏斌	杨争林	李 力	李方兴
李建林	李 斌	李 鹏	严干贵
严 正	何正友	别朝红	沈 沉
张 兴	张勇军	张恒旭	陆佳政
陈启鑫	胡家兵	赵 波	饶 宏
姚 伟	姚建国	袁宇波	顾 伟
徐丙垠	徐石明	徐 箭	郭创新
高宗和	梅生伟	曹一家	黄学良
董新洲	傅 闯	鲁宗相	谢开贵
谢少军	翟明玉	薛 峰	鞠 平

学 术 顾 问 (以姓氏笔画为序)

马伟明	王成山	王锡凡	刘吉臻
汤广福	汤 涌	杨奇逊	李九虎
李立涅	吴青华	邱爱慈	余贻鑫
辛耀中	沈国荣	宋永华	陈国平
陈维江	周孝信	段献忠	姚良忠
夏 清	郭剑波	程时杰	穆 钢

国 际 顾 问 (以姓名英文字母为序)

Anjan BOSE
San Shing CHOI
Mo-Yuen CHOW
Zhaoyang DONG
Nikos D. HATZIARGYRIOU
Wenyuan LI

目 次

泛在电力物联网

- 基于生物免疫学方法的泛在电力物联网安全技术
..... 曲朝阳,董运昌,刘 帅,沈志欣,于建友,李育发(1)
- 基于矩阵填充的泛在电力物联网电能质量数据修复算法
..... 杨 挺,李 扬,何周泽,韩旭涛,盆海波,卢 岩(13)
- 适用于配电物联网的低压智能终端自适应接入方法
..... 应 俊,蔡月明,刘明祥,杜红卫,赵景涛,袁 栋(22)

专题报告

- 江苏电网侧百兆瓦级电池储能电站运行与控制分析
..... 李建林,牛 萌,王上行,周京华,袁晓冬(28)

信息能源系统

- 基于绿色烟经济的综合能源系统价值评价方法
..... 周 欢,黄龙琼,伍人剑,何县宇,原启涛,何光宇(36)
- 基于统一潮流建模及灵敏度分析的电-气网络相互作用机理
..... 苏洁莹,林楷东,张勇军,陈泽兴,陈伯达(43)
- 计及电/热柔性负荷的区域综合能源系统储能优化配置
..... 许 周,孙永辉,谢东亮,王建喜,钟永洁(53)

学术研究

- 基于模糊逻辑改进加权公平队列的需求响应业务调度策略
..... 李 彬,陈京生,王 岩,奚培锋,祁 兵,孙 毅(60)
- 电力辅助服务市场下的用户侧广义储能控制策略
..... 孙伟卿,向 威,裴 亮,李宏仲,奚培锋(68)
- 考虑移动储能特性的电动汽车充放电调度策略
..... 陈 中,刘 艺,陈 轩,周 涛,邢 强(77)
- 基于一致性算法的户用光伏逆变器和储能分布式控制策略
..... 张 博,唐 巍,蔡永翔,王照琪,李天锐,张 涵(86)

基于集群划分的网-源-储多目标两步规划
..... 胡 迪,丁 明,毕 锐,高平平,张 宇,张晶晶(95)
考虑功率四象限输出的配电网储能优化配置策略
..... 贾兆昊,张 峰,丁 磊(105)
配电网状态估计的全局灵敏度分析及应用
..... 孟雨田,严 正,徐潇源,方 陈(114)
多源协同的配电网多时段负荷恢复优化决策方法
..... 许 寅,王 颖,和敬涵,李 晨(123)
基于 H_{∞} 混合灵敏度的交直流混合微网频率控制
..... 李 鹏,马 显,李雨薇,陈 博,方 晴(132)
基于母线关联出线暂态频谱信息的UPFC线路纵联保护
..... 吕 哲,王增平,许琬昱,梁嘉娣(139)
考虑多元主体利益均衡的电力管线入廊费用分摊方法
..... 韩 畅,姚 艳,任娇蓉,许家玉,林振智,杨 莉(147)
基于改进评价指标的波动性负荷短期区间预测
... 徐诗鸿,张宏志,林湘宁,李正天,卓毅鑫,汪致洵,随 权(156)

研制与开发

四种热电厂电热解耦改造方案的运行灵活性剖析
..... 章 艳,吕 泉,李 杨,张 娜,王海霞,孙 辉(164)
结合多重聚类和分层聚类的超短期风电功率预测方法
..... 彭晨宇,陈 宁,高丙团(173)
提高风电渗透率极限的火电机组惯性参数优化方法
..... 盛四清,李朋旺,顾 清(181)
基于监测数据相关性分析的用户谐波责任划分方法
..... 张 逸,王攸然,刘 航,邵振国,林 芳,陈育欣(189)
基于数据挖掘与改进灰靶的电压暂降严重度分析与评估
..... 浦雨婷,杨洪耕,马晓阳(198)
基于直接交交变换技术的单相有源滤波器分析
..... 管 月,李 磊,陆佳炜(207)
CPU+GPU架构下节点阻抗矩阵生成及节点编号优化方法
..... 邱智勇,周越德,刘中平(215)

工程应用

实际电网频率概率分布特性演变及成因分析
..... 熊 玮,鄢发齐,汪 旸,罗深增,陈文哲,陈 磊(222)
特高压直流输电系统金属旁通支路运行工况分析与对策
..... 陈 乐,余振球,王俊生,王杨正,徐 斌,卢东斌(228)

综述

电力系统电磁暂态仿真IGBT详细建模及应用
..... 沈卓轩,姜齐荣(235)
广告索引(248)

- ★ 第三届“中国出版政府奖”期刊奖
- ★ 蝉联每届中国“百强报刊”
- ★ 蝉联每届“国家期刊奖”
- ★ 美国工程索引(Ei)核心期刊
- ★ 新中国60年有影响力的期刊
- ★ 国家自然科学基金重点学术期刊
- ★ 中国精品科技期刊
- ★ 百种中国杰出学术期刊
- ★ 中国最具国际影响力学术期刊
- ★ RCCSE中国权威学术期刊(A+)
- ★ “中国期刊方阵”双高期刊
- ★ 首届江苏省新闻出版政府奖报刊奖
- ★ 江苏省十强科技期刊
- ★ 中文核心期刊和中国科技核心期刊

《电力系统自动化》

(半月刊)

主管单位 国家电网有限公司
主办单位 国网电力科学研究院有限公司
编辑出版 南京南瑞电力信息有限公司
社 长 徐云燕
主 编 薛禹胜
副 主 编 张伯明 罗安 文福拴 王青
值班编辑 顾晓荣
地 址 南京市江宁区诚信大道19号
邮政编码 211106
联系电话 (025)81093050,81093045(编辑)
(025)81093082,81093075(广告)
(025)81093071(发行)
网 址 www.aeps-info.com
电子信箱 aeps@alljournals.cn
(主题中须含“toaeps”)
发行范围 国内外公开发行
印 刷 江苏新华日报印务有限公司
国外发行 中国国际图书贸易集团有限公司
国内发行 中国邮政集团公司江苏省分公司
订 阅 处 全国各地邮政局(所)
国内定价 每期50元,全年1200元
中国标准连续出版物号 ISSN 1000-1026
CN 32-1180/TP
国际刊名代码(CODEN) DXZIE9

微信: AEPS-1977

网站二维码

AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Semimonthly Journal of State Grid Corporation of China

Vol. 44 No. 2(Ser. 672)

January 25, 2020

MAIN CONTENTS

Ubiquitous Electric Power Internet of Things

Bioimmunological Method Based Security Technology of Ubiquitous Power Internet of Things	
..... QU Zhaoyang, DONG Yunchang, LIU Shuai, SHEN Zhixin, YU Jianyou, LI Yufa	(12)
Matrix Completion Theory Based Recovery Algorithm for Power Quality Data in Ubiquitous Power Internet of Things	
..... YANG Ting, LI Yang, HE Zhouze, HAN Xutao, PEN Haibo, LU Yan	(21)
Adaptive Access Method of Low Voltage Intelligent Terminal for Distribution Internet of Things	
..... YING Jun, CAI Yueming, LIU Mingxiang, DU Hongwei, ZHAO Jingtao, YUAN Dong	(27)

Special Report

Operation and Control Analysis of 100 MW Class Battery Energy Storage Station on Grid Side in Jiangsu Power Grid of China	
..... LI Jianlin, NIU Meng, WANG Shangxing, ZHOU Jinghua, YUAN Xiaodong	(35)

Cyber Energy Systems

Value Assessment Method of Integrated Energy System Based on Green Exergy Economy	
..... ZHOU Huan, HUANG Longqiong, WU Renjian, HE Xianyu, YUAN Qitao, HE Guangyu	(42)
Interaction Mechanism of Electricity-Gas Network Based on Unified Power Flow Modeling and Sensitivity Analysis	
..... SU Jieying, LIN Kaidong, ZHANG Yongjun, CHEN Zexing, CHEN Boda	(52)
Optimal Configuration of Energy Storage for Integrated Region Energy System Considering Power/Thermal Flexible Load	
..... XU Zhou, SUN Yonghui, XIE Dongliang, WANG Jianxi, ZHONG Yongjie	(59)

Basic Research

Scheduling Strategy of Demand Response Business Based on Fuzzy Logic Based Improved Weighted Fair Queuing	
..... LI Bin, CHEN Jingsheng, WANG Yan, XI Peifeng, QI Bing, SUN Yi	(67)
Generalized Energy Storage Control Strategies on User Side in Power Ancillary Service Market	
..... SUN Weiqing, XIANG Wei, PEI Liang, LI Hongzhong, XI Peifeng	(76)
Charging and Discharging Dispatching Strategy for Electric Vehicles Considering Characteristics of Mobile Energy Storage	
..... CHEN Zhong, LIU Yi, CHEN Xuan, ZHOU Tao, XING Qiang	(85)
Distributed Control Strategy of Residential Photovoltaic Inverter and Energy Storage Based on Consensus Algorithm	
..... ZHANG Bo, TANG Wei, CAI Yongxiang, WANG Zhaoqi, LI Tianrui, ZHANG Han	(94)
Two-step Planning of Grid-Resource-Storage Based on Cluster Partition	
..... HU Di, DING Ming, BI Rui, GAO Pingping, ZHANG Yu, ZHANG Jingjing	(104)
Optimal Allocation Strategy of Energy Storage in Distribution Network Considering Power Four-quadrant Output	
..... JIA Zhaohao, ZHANG Feng, DING Lei	(113)
Global Sensitivity Analysis on State Estimation of Distribution Network and Its Application	
..... MENG Yutian, YAN Zheng, XU Xiaoyuan, FANG Chen	(122)
Optimal Decision-making Method for Multi-period Load Restoration in Distribution Network with Coordination of Multiple Sources	
..... XU Yin, WANG Ying, HE Jinghan, LI Chen	(131)
Frequency Control of AC/DC Hybrid Microgrid Based on H_{∞} Mixed Sensitivity	
..... LI Peng, MA Xian, LI Yuwei, CHEN Bo, FANG Qing	(138)
Pilot Protection of UPFC Line Based on Transient Spectrum Information of Busbar-connected Outgoing Lines	
..... LYU Zhe, WANG Zengping, XU Wanyu, LIANG Jiadi	(146)

Competent Authorities State Grid Corporation of China
Sponsor State Grid Electric Power Research Institute
Editor and Publisher State Grid Electric Power Research
Institute Press
Chairman LENG Jun
Editor in Chief XUE Yusheng (Academician)
Associate Editor in Chief ZHANG Boming, LUO An
WEN Fushuan, WANG Qing
©2020 Automation of Electric Power Systems Press

Publication Number ISSN 1000-1026
CODEN DXZIE9
Add No. 19 Chengxin Avenue, Nanjing, 211106, China
Web Site <http://www.aeps-info.com>
E-mail aeps@alljournals.cn
Tel 86-25-81093045
Distributed Abroad by China International Book Trading
Corporation (GUOJISHUDIAN) Beijing, China

Cost Sharing Method for Power Pipelines Entering into Utility Tunnels Considering Interest Balancing of Plural Subjects	
..... HAN Chang, YAO Yan, REN Jiaorong, XU Jiayu, LIN Zhenzhi, YANG Li	(155)
Improved Evaluation Index Based Short-term Interval Prediction of Fluctuation Load	
..... XU Shihong, ZHANG Hongzhi, LIN Xiangning, LI Zhengtian, ZHUO Yixin, WANG Zhixun, SUI Quan	(163)

Application Research

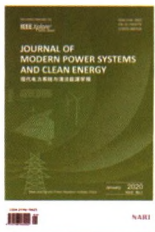
Analysis on Operation Flexibility of Combined Heat and Power Plant with Four Improved Power-Heat Decoupling Schemes	
..... ZHANG Yan, LYU Quan, LI Yang, ZHANG Na, WANG Haixia, SUN Hui	(172)
Ultra-short-term Wind Power Forecasting Method Combining Multiple Clustering and Hierarchical Clustering	
..... PENG Chenyu, CHEN Ning, GAO Bingtuan	(180)
Optimization Method for Inertia Parameters of Thermal Power Units to Improve Wind Power Penetration Limit	
..... SHENG Siqing, LI Pengwang, GU Qing	(188)
Determination Method of User Harmonic Responsibility Based on Correlation Analysis of Monitoring Data	
..... ZHANG Yi, WANG Youran, LIU Hang, SHAO Zhenguo, LIN Fang, CHEN Yuxin	(197)
Analysis and Evaluation of Voltage Sag Severity Based on Data Mining and Improved Grey Target Theory	
..... PU Yuting, YANG Honggeng, MA Xiaoyang	(206)
Analysis of Single-phase Active Power Filter Based on Direct AC/AC Conversion Technique	
..... GUAN Yue, LI Lei, LU Jiawei	(214)
Optimal Methods of Node Impedance Matrix Construction and Node Numbering Based on CPU and GPU Collaborative Architecture	
..... QIU Zhiyong, ZHOU Yuede, LIU Zhongping	(221)

Engineering Application

Analysis on Variation of Frequency Probability Distribution and Causes in Actual Power Grid	
..... XIONG Wei, YAN Faqi, WANG Yang, LUO Shenzeng, CHEN Wenzhe, CHEN Lei	(227)
Analysis and Countermeasures of Operation Conditions of Metallic-bypass Branch in UHVDC Transmission System	
..... CHEN Le, SHE Zhenqiu, WANG Junsheng, WANG Yangzheng, XU Bin, LU Dongbin	(234)

Review

Detailed IGBT Modeling and Applications of Electromagnetic Transient Simulation in Power System	
..... SHEN Zhuoxuan, JIANG Qirong	(247)



SCI/Ei收录
数字出版
开放获取

Journal of Modern Power Systems and Clean Energy
(现代电力系统与清洁能源学报)

<http://www.mpce.info> <http://www.springer.com/40565>

近期专题:

- 面向信息物理的电力与能源系统状态估计
- 分布式综合多能源系统

主编: 薛禹胜
主办单位: 国网电力科学研究院有限公司
地址: 江苏省南京市江宁区诚信大道19号
电话: 025-81093060, 81093068
传真: 025-81093040
Email: mpce@alljournals.cn



特高压线路智慧物联监控

工作背景

随着公司精益化管理要求越来越高，输电专业存在“业务管理难以穿透、系统应用成效难以提升”的现状，急需构建面向总部应用的输电全景智慧监控。在泛在电力物联网统一架构要求下，输电专业以复奉、锦苏、宾金三条±800kV特高压输电线路为先期试点，坚持数据驱动，全力构建输电全景智慧应用，大力支撑电网资源业务中台建设，实现数据管理全景化、运行状态透明化、诊断决策智慧化、设备修复高效化。

成果介绍

特高压线路智慧物联监控采用消息总线及微服务架构，实现了线路沿线九省市和六大中心本体监测类、立体巡检类、环境监测类信息的汇集共享与分析应用，具备通道环境三维全景复现与灾害监测预警、线路状态实时感知与故障智能诊断、立体巡检管控与巡检质量评价三大应用场景。为设备部和雷电监测预警中心全面掌握三大直流运行状况，尤其是迎峰度夏等重要保电时刻的实时状态监控提供了应用手段，进一步提升了线路巡检智慧管控能力。



主要成效

研发基于kafka消息总线的采集组网转发技术，实现了多源复杂结构数据的实时汇聚和全息呈现，已完成11500基塔信息采集，日数据量近20GB。

信息汇聚
全息呈现

数据

架构

功能解耦
易于迁移

采用spring cloud微服务框架，解耦系统功能，建立输电业务统一模型，快速响应业务需求，灵活构建微应用，易于沉淀迁移至公司企业中台实现共享。

沉淀电网环境中心共性业务服务，实现数据融合贯通、资源开放共享、业务协同创新，支撑跨专业应用，服务行业外和社会用户，提升数据运营和增值能力。

价值沉淀
互联共享

共享

管理

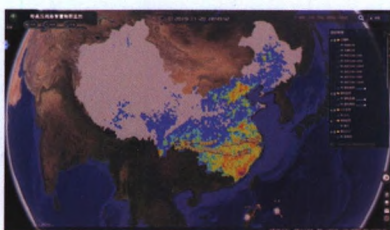
数字评价
管理穿透

依据多源真实可靠巡检数据，定量展示运维评价结果，呈现基层作业现场，提升迎峰度夏等重要保电时刻的智慧管控能力，实现评价结果横向对比，管理能力纵向穿透。

典型应用



通道三维全景呈现



灾害监测预警



通道可视化



故障分析诊断



无人机巡检



巡检质量分析

地址：湖北省武汉市洪山区珞瑜路143号
网址：<http://www.sgepri.sgcc.com.cn>

电话：027-59834888 传真：027-59834777
邮箱：whnr@sgepri.sgcc.com.cn



客户服务热线
400-00-95598

