

电力系统自动化

半月刊

AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS SEMIMONTHLY



上海置信电气股份有限公司
Shanghai ZhiXin Electric Co., Ltd

股票代码:600517

上海置信电气股份有限公司为国家电网有限公司直属国网电力科学研究院有限公司控股上市公司。置信电气专注于为客户提供低碳节能整体解决方案,在电工电气装备制造、高电压与电网运维、节能与工程服务领域,全维度构建绿色、低碳、循环产业链。置信电气是国家电网有限公司配电变压器、复合材料杆塔等产品的研发制造基地,拥有技术水平先进、产品规格和系列齐全、生产规模大的非晶变节能产品线,是中国首家也是目前亚太地区的领军复合绝缘子生产基地。

配电设备

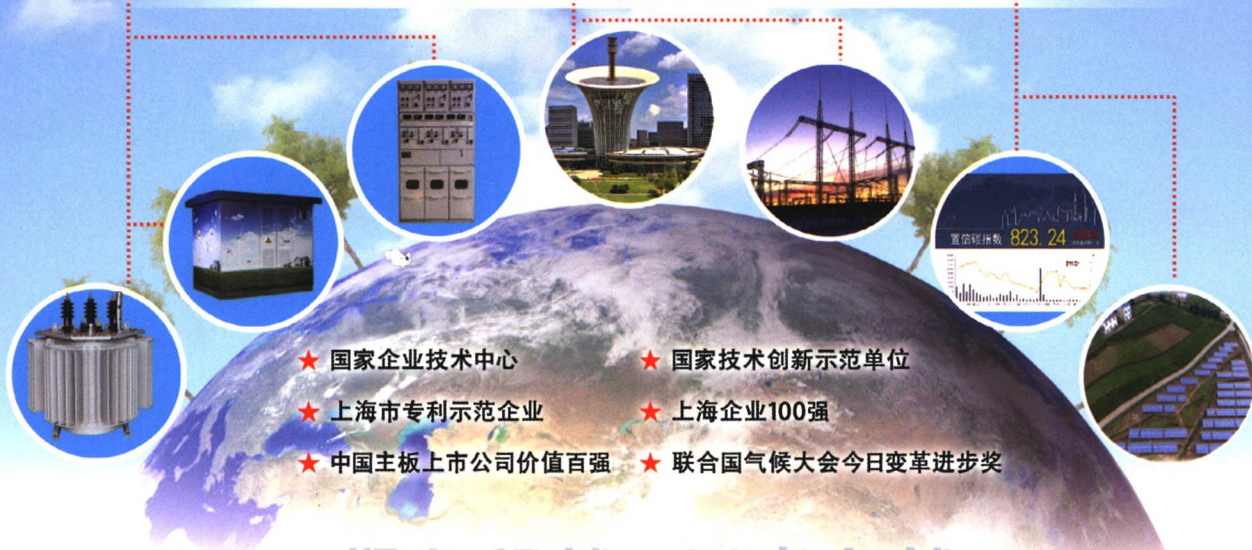
■ 装备制造领域

高电压与电网运维

■ 工程运维领域

节能与工程服务

■ 低碳节能领域



- ★ 国家企业技术中心
- ★ 国家技术创新示范单位
- ★ 上海市专利示范企业
- ★ 上海企业100强
- ★ 中国主板上市公司价值百强
- ★ 联合国气候大会今日变革进步奖

努力超越 追求卓越

地址:上海市长宁区天山西路588号
商务邮箱:zxmarket@sgepri.sgcc.com.cn

传真:(021) 52311855
电话:(021) 52311566

邮编:200335
网址:http://www.zhixindianqi.com

ISSN 1000-1026



13

9 771000 102193

万方数据



2019 13

国网电力科学研究院有限公司主办
第43卷 第13期 总第659期

电力系统自动化

DIANLI XITONG ZIDONGHUA

第 43 卷 第 13 期(总第 659 期) 2019 年 7 月 10 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 奚国富
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 明	于继来	卫志农	王小红
王成山	韦 化	文福拴	方勇杰
尹项根	毕天姝	任雁铭	刘玉田
刘明波	刘俊勇	刘 健	汤广福
汤 涌	许树楷	孙宏斌	严 正
李九虎	李 斌	别朝红	辛耀中
沈 沉	张伯明	陆佳政	林 峰
罗 安	赵 波	胡家兵	饶 宏
姚良忠	姚建国	袁宇波	栗 宁
夏 清	徐丙垠	高宗和	郭创新
黄学良	曹一家	董新洲	鲁宗相
谢开贵	谢少军	翟明玉	穆 钢
鞠 平			

学 术 顾 问 (以姓氏笔画为序)

马伟明	王锡凡	卢 强
刘吉臻	李文沅	李立涅
杨奇逊	吴青华	邱爱慈
余贻鑫	沈国荣	宋永华
张启平	陈维江	周孝信
郭剑波	程时杰	

目 次

观点

电网调控机器人设计思路

…… 张晓华,冯长有,王永明,王轶禹,王 晶,邓 勇,等(1)

泛在电力物联网

泛在电力物联网释义与研究展望

…… 杨 挺,翟 峰,赵英杰,盆海波(9)

学术研究

基于轨迹模式空间解耦及模式能量序列的振荡分析:(二)算法及

应用 …… 刘庆龙,薛禹胜,陈国平(21)

考虑启动热量约束的光热机组优化运行模型

…… 冯陈佳,邵成成,王雅楠,孙 沛,韩 伟,王锡凡(29)

基于数值特性聚类的日前光伏出力预测误差分布模型

…… 赵书强,张婷婷,李志伟,李东旭,许晓艳,刘金山(36)

基于双铅碳电池储能系统的微电网优化运行控制策略

…… 严干贵,李洪波,段双明,朱 微,李军徽,刘 莹(46)

基于电气关联强度的虚拟微电网划分方法

…… 吴春潮,薛 飞,徐晓彤,卢少锋,蒋 林,李 刚(54)

基于加权最小绝对值的电-气综合能源系统抗差状态估计

…… 陈艳波,郑顺林,杨 宁,杨晓楠,刘铠诚(61)

含光伏电站和蓄电池储能系统的主动配电系统状态估计

…… 方 治,宋绍剑,林子彰,林小峰,程 港(71)

国家科委(79)国科发条字第 147 号文批准

江苏省工商行政管理局广告发布登记第 32000000223 号

基于宏微观特征分层聚类的配电网拓扑相似性分析方法

..... 林君豪,张 焰,祝锦舟,赵 腾,苏 运(80)

计及通信可靠性影响的配电终端分阶段选址选型及组网策略

..... 胡志豪,童 宁,刘 琦,郑宇超,林湘宁,李正天(89)

基于用户偏好的电力资源去中心化配置方法

..... 余 维,杨晓宇,田 钊,马建红,李正泽,刘 炜(98)

六角形模块化多电平 AC/AC 换流器损耗特性分析计算

..... 张 翀,李宽宏,张 轩,江道灼,梁一桥(105)

研制与开发

计及发展不确定性的配电网柔性规划方法

..... 张 漫,王主丁,王敬宇,朱东坡(114)

基于母线扰动信号的配电网混合线路行波故障测距技术

..... 齐 郑,庄舒仪,何锡祺,黄哲洙(124)

基于站域信息的同塔多回线零序方向保护防误动方法

..... 戴飞扬,王兴国,杨国生,周泽昕(131)

实景替代式特高压直流保护系统现场性能测试方案

... 孔祥平,李 鹏,阮思烨,崔 玉,罗 强,高 磊,等(139)

智能变电站通信网络的广义信源和流量计算模型

..... 章坚民,张嘉誉,倪 明,李康毅,金乃正,杨才明(147)

基于电力调度数据网的广域数据采集方案

..... 杜 鹏,晏 亮,高保成,王学涛,李丹彤,梅 峥(156)

基于 R-FCN 的航拍巡检图像目标检测方法

..... 刘思言,王 博,高昆仑,王 岳,高 畅,陈江琦(162)

采用虚拟化技术的智能变电站间隔层集群测控装置研制

..... 王永福,张方正,王亚飞,张 扬,赵 硕,刘益青(169)

工程应用

直驱风电机组次同步振荡阻尼控制方法及其适应性

..... 周佩朋,宋瑞华,李光范,杜 宁,常喜强,郭小龙(177)

增强型调速器对中国云南电网超低频振荡影响分析

..... 何 越,张 勇,陈亦平,莫维科(185)

“泛在电力物联网”专栏征稿启事 (191)

广告索引 (192)

★ 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 王 青

值班编辑 孔丽蓓

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)81093071,81093070(广告)

(025)81093077(发行)

传 真 (025)81093040

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 中国国际图书贸易总公司

国内发行 江苏省邮政局

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. 43 No. 13(Ser. 659)

July 10, 2019

MAIN CONTENTS

Views

Design Ideas of Robotic Dispatcher for Power Grid

..... ZHANG Xiaohua, FENG Changyou, WANG Yongming, WANG Yiyu, WANG Jing, DENG Yong, et al(8)

Ubiquitous Electric Power Internet of Things

Explanation and Prospect of Ubiquitous Electric Power Internet of Things

..... YANG Ting, ZHAI Feng, ZHAO Yingjie, PEN Haibo(53)

Basic Research

Oscillation Analysis Based on Trajectory Modes Decoupled in Space and Mode-energy-sequence: Part Two Algorithm and Application

LIU Qinglong, XUE Yusheng, CHEN Guoping(28)

Optimal Operation Model of Concentrating Solar Power Units Considering Startup Heat Constraints

..... FENG Chenjia, SHAO Chengcheng, WANG Yanan, SUN Pei, HAN Wei, WANG Xifan(35)

Distribution Model of Day-ahead Photovoltaic Power Forecasting Error Based on Numerical Characteristic Clustering

..... ZHAO Shuqiang, ZHANG Tingting, LI Zhiwei, LI Dongxu, XU Xiaoyan, LIU Jinshan(45)

Optimal Operation Control Strategy of Microgrid Based on Double-lead Carbon Battery Energy Storage System

..... YAN Gangui, LI Hongbo, DUAN Shuangming, ZHU Wei, LI Junhui, LIU Ying(53)

Partitioning Method of Virtual Microgrid Based on Electrical Coupling Strength

..... WU Chunchao, XUE Fei, XU Xiaotong, LU Shaofeng, JIANG Lin, LI Gang(70)

Robust State Estimation of Electric-Gas Integrated Energy System Based on Weighted Least Absolute Value

..... CHEN Yanbo, ZHENG Shunlin, YANG Ning, YANG Xiaonan, LIU Kaicheng(70)

State Estimation for Active Distribution Systems Incorporating Photovoltaic Plant and Battery Energy Storage System

..... FANG Zhi, SONG Shaojian, LIN Yuzhang, LIN Xiaofeng, CHENG Gang(79)

Topology Similarity Analysis Method for Distribution Network Based on Hierarchical Clustering of Macroscopic and Microscopic Features

LIN Junhao, ZHANG Yan, ZHU Jinzhou, ZHAO Teng, SU Yun(88)

Staged Selection of Site and Type for Distribution Terminals and Networking Strategy Considering Influence of

Communication Reliability HU Zhihao, TONG Ning, LIU Qi, ZHENG Yuchao, LIN Xiangning, LI Zhengtian(97)

Decentralization Configuration Method of Power Resources Based on User Preference

..... SHE Wei, YANG Xiaoyu, TIAN Zhao, MA Jianhong, LI Zhengze, LIU Wei(138)

Analysis and Calculation of Loss Characteristics for Hexagonal Modular Multilevel AC/AC Converter

..... ZHANG Chong, LI Kuanhong, ZHANG Xuan, JIANG Daozhuo, LIANG Yiqiao(113)

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 XI Guofu
Editor in Chief XUE Yusheng (Academician)
Associate Editor in Chief ZHANG Boming, LUO An
WANG Qing

©2019 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 **Fax** 86-25-81093040

Distributed Abroad by China International Book Trading
Corporation (GUOJISHUDIAN) P. O. Box 399, Beijing,
China

Application Research

Flexible Planning Methods for Distribution Network with Uncertainties During Development

..... ZHANG Man, WANG Zhuding, WANG Jingyu, ZHU Dongpo (168)

Traveling Wave Fault Location Technology for Hybrid Lines in Distribution Network Based on Disturbance Signal Injection at Busbar

..... QI Zheng, ZHUANG Shuyi, HE Xiqi, HUANG Zhezhu (130)

Substation Information Based Method for Preventing Mal-operation of Zero-sequence Directional Protection on Multi-circuit Transmission Lines on the Same Tower

..... DAI Feiyang, WANG Xingguo, YANG Guosheng, ZHOU Zexin (138)

Live-action Substitution Based Field Performance Test Scheme for UHVDC Protection System

..... KONG Xiangping, LI Peng, RUAN Siye, CUI Yu, LUO Qiang, GAO Lei, et al (146)

Generic Message Source and Flow Calculation Model for Communication Network in Smart Substation

..... ZHANG Jianmin, ZHANG Jiayu, NI Ming, LI Kangyi, JIN Naizheng, YANG Caiming (155)

Wide-area Data Acquisition Scheme Based on Power Dispatching Data Network

..... DU Peng, YAN Liang, GAO Baocheng, WANG Xuetao, LI Dantong, MEI Zheng (161)

Object Detection Method for Aerial Inspection Image Based on Region-based Fully Convolutional Network

..... LIU Siyan, WANG Bo, GAO Kunlun, WANG Yue, GAO Chang, CHEN Jiangqi (168)

Development of Virtualization-technology-based Cluster Measurement and Control Device at Bay Level in Smart Substation

..... WANG Yongfu, ZHANG Fangzheng, WANG Yafei, ZHANG Yang, ZHAO Shuo, LIU Yiqing (190)

Engineering Application

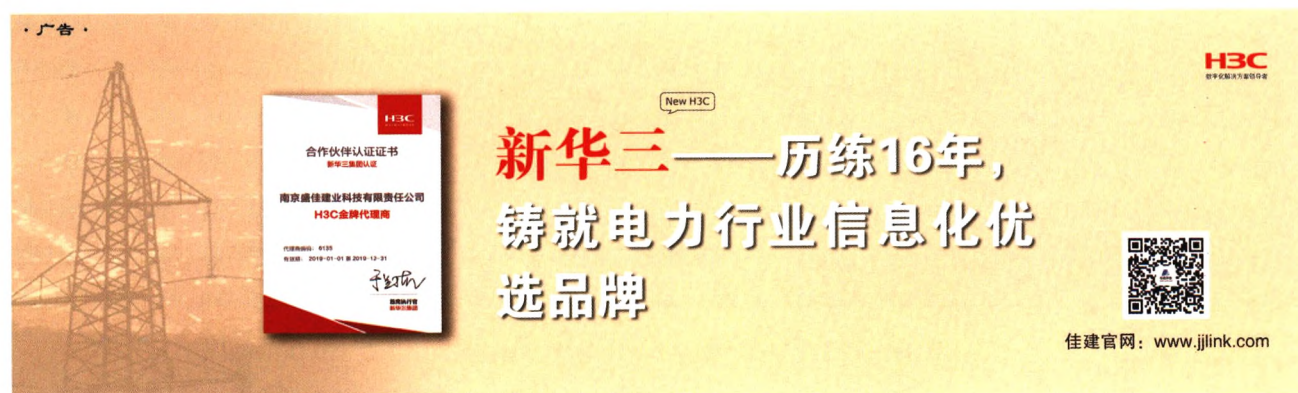
Damping Control Method of Subsynchronous Oscillation for Direct Drive Wind Turbine Generator and Its Adaptability

..... ZHOU Peipeng, SONG Ruihua, LI Guangfan, DU Ning, CHANG Xiqiang, GUO Xiaolong (184)

Analysis on Impact of Enhanced Governor on Ultra-low Frequency Oscillation in Yunnan Power Grid of China

..... HE Yue, ZHANG Yong, CHEN Yiping, MO Weike (190)

· 广告 ·



H3C
新华三集团

新华三——历练16年，
铸就电力行业信息化优
选品牌

合作伙伴认证证书
新华三集团认证
南京盛佳建业科技有限责任公司
H3C金牌代理商
代理期限：0131
有效期：2019-01-01至2019-12-31
于绍新
盛佳建业
南京分公司

扫描二维码
佳建官网: www.jjlink.com

NARI
国电南瑞科技股份有限公司
 NARI TECHNOLOGY CO., LTD.

中电普瑞电力工程有限公司
 C-EPRI ELECTRIC POWER ENGINEERING CO., LTD.

普瑞工程

普瑞工程
普瑞科技

国家重器 电力先驱

中电普瑞电力工程有限公司/中电普瑞科技有限公司是国网南瑞集团有限公司旗下的上市公司——国电南瑞科技股份有限公司的全资子公司，是国家级高新技术企业。目前，公司业务涵盖电力电子直流、电力电子交流应用、电网智能系统控制、核电设备集成等领域，深耕技术、严抓管理，拥有众多国内及海外重点项目、示范工程的坚实业绩和良好口碑。

工程业绩

..... 柔性直流换流阀

- ★ 上海南汇风电场柔性直流输电示范工程
- ★ 厦门柔性直流输电科技示范工程
- ★ 渝鄂直流背靠背联网柔性直流输电工程
- ★ 张北柔性直流电网试验示范工程

..... 特高压直流换流阀

- ★ 扎鲁特-青州±800 kV特高压工程
- ★ 上海庙-山东±800 kV特高压工程
- ★ 酒泉-湖南±800 kV特高压工程
- ★ 灵州-绍兴±800 kV特高压工程
- ★ 哈密换流阀改造工程
- ★ 溪洛渡-浙江±800 kV特高压工程
- ★ 锦屏-苏南±800 kV特高压工程

..... 直流控制保护系统

- ★ 上海南汇柔直控制保护系统改造工程
- ★ 舟山直流断路器控制保护系统工程

..... 直流断路器

- ★ 舟山五端柔直系统直流断路器工程

..... 直流配网

- ★ 苏州直流配网示范工程
- ★ 长岛直流配网示范工程

换流阀、控制保护系统、配电直流断路器、直流固态变压器等核心装备方面研制了系列产品，以满足直流技术在配电网的应用。

..... 固定串补/可控串补装置 (FSC/TCSC)

- ★ 甘肃成碧220 kV可控串补示范工程
- ★ 晋东南-南阳-荆门特高压串补扩建工程
- ★ 伊冯500 kV可控串补装置工程

..... 高压可控并联电抗器(CSR)

- ★ 甘肃750 kV敦煌变电站分级式可控高抗工程
- ★ 青海750 kV鱼卡开关站可控并联电抗器工程

..... 高压静止无功补偿装置(SVC)

- ★ 鞍山红一变100 Mvar SVC工程
- ★ 联众(广州)不锈钢有限公司二期
35 kV/200 Mvar SVC工程
- ★ 福建泉州220 kV贵峰变电站RSVC

..... 静止同步补偿器 (STATCOM/SVG)

- ★ 上海百兆级可移动式STATCOM科技项目
- ★ 国家电网开鲁县500 kV变电站±60Mvar动态无功补偿装置

..... 固定式直流融冰兼SVC装置

- ★ 湖南益阳500 kV复兴站直流融冰兼SVC装置
- ★ 500 kV东坡直流融冰兼SVC装置工程
- ★ 500 kV月城直流融冰兼SVC工程

..... 国际市场

- ★ 普瑞工程±800千伏特高压直流换流阀在巴西美丽山二期特高压直流输电工程中的应用
实现了中国高端直流核心装备在国际市场的突破
- ★ 欧洲核心市场，多个项目入围
- ★ 巴西特里皮尔斯水电送出串补及SVC工程 (TP项目)
- ★ 埃塞俄比亚GDHA500 kV输变电项目
Dedesa500kV变电站工程500 kV串补补偿装置



总机：010-52615711-8000

中电普瑞电力工程有限公司
中电普瑞科技有限公司

地址：北京市昌平区南部镇南中路16号 邮编：102200
 传真：010-52615710 邮箱：c-epri@sgepri.sgcc.com.cn

中国标准连续出版物号：ISSN 1000-1026
 万方数据 CN 32-1180/TP

邮发代号：国内 28-40
 国外 BM362

国内定价：50.00 元/期
 1200.00 元/年