



# 电力系统自动化

DIANLI XITONG ZIDONGHUA

第 45 卷 第 8 期(总第 702 期) 2021 年 4 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

### 柔性互联配电网关键技术专辑

特约主编寄语 ..... 王成山,江道灼,李 鹏(1)

#### 柔性互联智能配电网关键技术研究进展与展望

..... 胡鹏飞,朱乃璇,江道灼,鞠 平,梁一桥,吴彬锋(2)

#### 柔性多状态开关应用场景分析

... 霍群海,李梦菲,粟梦涵,杨 欢,李达义,陆 翌,韦统振(13)

#### 基于改进增广节点方程的柔性互联配电网统一潮流计算方法

..... 董 博,李 鹏,富晓鹏,于 浩,宋 毅,王成山(22)

#### 应用于配电网三端柔性互联的三角形交交变换器

..... 张国驹,裴 玮,申 磊,李宁宁,邓 卫(32)

#### 具有故障穿越能力的 T 型桥臂交替多电平换流器及其调制策略

..... 范世源,杨贺雅,杨 欢,李武华,赵荣祥,许 烽(41)

#### 基于电力电子变压器的中压直流互联配电网协调控制方法

..... 林 霖,裴忠晨,蔡国伟,刘 闯,王菁月,孔德昊(51)

#### 基于柔性多状态开关的混合配电网能量管理策略与控制方法

..... 袁宇波,张宸宇,袁晓冬,杨景刚,史明明,张 学(60)

#### 交直流配电网柔性多状态开关电压自适应控制策略

..... 窦晓波,皇甫霄文,全相军,胡秦然,肖小龙,吴在军(68)

#### 基于柔性多状态开关的主动配电网双层负荷均衡方法

..... 王 灿,吴耀文,孙建军,查晓明,丁 凯,李 伟(77)

国家科委(79)国科发条字第 147 号文批准

南京市市场监督管理局广告发布登记编号:广登 32010000116

高比例新能源下考虑需求侧响应和智能软开关的配电网重构

…… 章 博,刘晟源,林振智,杨 莉,高 强,徐 华(86)

基于智能软开关的柔性互联交直流配电系统分布式优化

…… 贾善翔,彭 克,李喜东,姚广增,张 浩(95)

含智能软开关的配电网重要负荷恢复方法

…… 王 颖,马佳骏,王小君,许 寅,和敬涵,李佳旭(104)

柔性互联配电系统连锁故障风险评估

…… 薛 俞,李月乔,刘文霞,申泽渊,李 琦,翟 帅(112)

考虑环间接入模式及可靠性影响的有源配电网软开关规划

…… 葛少云,周晨曦,刘 洪,王成山,杨 赞(120)

基于改进灵敏度分析的有源配电网智能软开关优化配置

…… 熊正勇,陈天华,杜 磊,戴则梅,陈建华,徐陆飞(129)

兼顾微配网运行经济性与可靠性的智能软开关选址优化

…… 张孝军,林湘宁,吴宇奇,王阳光,徐宇新,黄 勇(138)

## 学术研究

基于阻抗法的稳定性判据论证及其适用性分析

…… 曾 锋,李崇涛,舒 进,赵昱迪,张建新(146)

融合 JMIM 和 NGBoost 的电力系统暂态稳定评估方法

…… 黄明增,胡雅涵,文云峰,李玲芳,肖友强(155)

兼顾可靠性与经济性的孤岛型光储微电网容量配置方法

…… 周京华,翁志鹏,宋晓通(166)

基于 W-BiLSTM 的可再生能源超短期发电功率预测方法

…… 谢小瑜,周俊煌,张勇军,王 奖,苏洁莹(175)

基于单端暂态电压的含限流电抗器直流配电网保护方法

…… 陈少宇,黄文焘,邵能灵,卫 卫,陈 晔(185)

级联型电力电子变压器分级解耦控制

…… 魏 星,朱信舜,袁宇波,周启文,葛雪峰,杨 晨(194)

广告索引 .....(200)

- ★ 入选中国科技期刊卓越行动计划
- ★ 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 姜海  
 主 编 薛禹胜  
 副 主 编 张伯明 罗安 文福拴 王青  
 专辑特约主编 王成山 江道灼 李鹏  
 专辑策划 孔丽蓓  
 值班编辑 代长振 章黎  
 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  
 (邮件主题中须含“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  
 ISSN 1000-1026  
 中国标准连续出版物号 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. 45 No. 8(Ser. 702)

April 25, 2021

## MAIN CONTENTS

### Special Topic on Key Technologies of Flexible Interconnected Distribution Network

Research Progress and Prospects of Key Technologies of Flexible Interconnected Smart Distribution Network ..... HU Pengfei, ZHU Naixuan, JIANG Daozhuo, JU Ping, LIANG Yiqiao, WU Binfeng	( 12 )
Analysis on Application Scenarios of Flexible Multi-state Switch ..... HUO Qunhai, LI Mengfei, SU Menghan, YANG Huan, LI Dayi, LU Yi, WEI Tongzhen	( 21 )
Unified Power Flow Calculation Method of Flexible Interconnected Distribution Network Based on Modified Augmented Nodal Equation ..... DONG Bo, LI Peng, FU Xiaopeng, YU Hao, SONG Yi, WANG Chengshan	( 31 )
Delta AC/AC Converter for Three-port Flexible Interconnection of Distribution Network ..... ZHANG Guoju, PEI Wei, SHEN Lei, LI Ningning, DENG Wei	( 40 )
T-type Alternate Arm Multilevel Converter with Fault Ride-through Capability and Its Modulation Strategy ..... FAN Shiyuan, YANG Heya, YANG Huan, LI Wuhua, ZHAO Rongxiang, XU Feng	( 50 )
Coordinated Control Method for Medium-voltage DC Interconnected Distribution Network Based on Power Electronic Transformer ..... LIN Lin, PEI Zhongchen, CAI Guowei, LIU Chuang, WANG Jingyue, KONG Dehao	( 59 )
Energy Management Strategy and Control Method of Hybrid Distribution Network Based on Soft Open Point ..... YUAN Yubo, ZHANG Chenyu, YUAN Xiaodong, YANG Jinggang, SHI Mingming, ZHANG Xue	( 67 )
Adaptive Voltage Control Strategy for Soft Normally Open Point in AC/DC Distribution Network ..... DOU Xiaobo, HUANGFU Xiaowen, QUAN Xiangjun, HU Qinran, XIAO Xiaolong, WU Zaijun	( 76 )
Bi-layer Load Balancing Method in Active Distribution Network Based on Flexible Multi-state Switch ..... WANG Can, WU Yaowen, SUN Jianjun, ZHA Xiaoming, DING Kai, LI Wei	( 85 )
Distribution Network Reconfiguration with High Penetration of Renewable Energy Considering Demand Response and Soft Open Point ..... ZHANG Bo, LIU Shengyuan, LIN Zhenzhi, YANG Li, GAO Qiang, XU Hua	( 94 )
Distributed Optimization of Flexible Interconnected AC/DC Distribution System Based on Soft Open Point ..... JIA Shanxiang, PENG Ke, LI Xidong, YAO Guangzeng, ZHANG Hao	( 103 )
Critical Load Restoration Method for Distribution Network with Soft Open Point ..... WANG Ying, MA Jiajun, WANG Xiaojun, XU Yin, HE Jinghan, LI Jiaxu	( 111 )
Risk Assessment of Cascading Failures in Flexible Interconnected Power Distribution System ..... XUE Yu, LI Yueqiao, LIU Wenxia, SHEN Zeyuan, LI Qi, ZHAI Shuai	( 119 )
Soft Open Point Planning for Active Distribution Network Considering Influence of Access Mode Between Feeder Loops and Reliability ..... GE Shaoyun, ZHOU Chenxi, LIU Hong, WANG Chengshan, YANG Zan	( 128 )

**Competent Authorities** State Grid Corporation of China  
**Sponsor** State Grid Electric Power Research Institute  
**Editor and Publisher** Nanjing NARI Electric Power Information Co., Ltd.  
**Chairman** LENG Jun  
**Editor in Chief** XUE Yusheng  
**Associate Editor in Chief** ZHANG Boming, LUO An WEN Fushuan, WANG Qing  
 ©2021 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](mailto:aeps@alljournals.cn)  
**Tel** 86-25-81093045  
**Distributed Abroad by** China International Book Trading Corporation (GUOJISHUDIAN) Beijing, China

Optimal Allocation of Soft Open Point in Active Distribution Network Based on Improved Sensitivity Analysis  
 ..... XIONG Zhengyong, CHEN Tianhua, DU Lei, DAI Zemei, CHEN Jianhua, XU Lufei (137)

Sitting Optimization of Soft Open Point Considering Operation Economy and Reliability of Micro-distribution Network  
 ..... ZHANG Xiaojun, LIN Xiangning, WU Yuqi, WANG Yangguang, XU Yuxin, HUANG Yong (145)

**Basic Research**

Demonstration of Stability Criterion Based on Impedance Method and Analysis on Its Applicability  
 ..... ZENG Feng, LI Chongtao, SHU Jin, ZHAO Yudi, ZHANG Jianxin (154)

Assessment Method of Transient Stability for Power System Based on Joint Mutual Information Maximization and Natural Gradient Boosting  
 ..... HUANG Mingzeng, HU Yahan, WEN Yunfeng, LI Lingfang, XIAO Youqiang (165)

Capacity Configuration Method of Islanded Microgrid with Photovoltaic and Energy Storage System Considering Reliability and Economy  
 ..... ZHOU Jinghua, WENG Zhipeng, SONG Xiaotong (174)

W-BiLSTM Based Ultra-short-term Generation Power Prediction Method of Renewable Energy  
 ..... XIE Xiaoyu, ZHOU Junhuang, ZHANG Yongjun, WANG Jiang, SU Jieying (184)

Protection Method Based on Single-terminal Transient Voltage for DC Distribution Network with Current Limiting Reactor  
 ..... CHEN Shaoyu, HUANG Wentao, TAI Nengling, WEI Wei, CHEN Ye (193)

Hierarchical Decoupling Control of Cascaded Power Electronic Transformer  
 ..... WEI Xing, ZHU Xinshun, YUAN Yubo, ZHOU Qiwen, GE Xuefeng, YANG Chen (199)



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> <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=8685265>



近期专题:

- 含高渗透率可再生能源的电力系统: 市场, 运行, 规划和监管
- 含高渗透率电力电子化电源的智能电网保护与控制

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, 81093057  
 传真: 025-81093040  
 Email: [mpce@alljournals.cn](mailto:mpce@alljournals.cn)

