



# 电力系统自动化

DIANLI XITONG ZIDONGHUA

第44卷第22期(总第692期) 2020年11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

### 交直流混联电网保护与控制新技术专辑

特约主编寄语 .....	董新洲, 汤 涌, 卜广全(1)
高压直流输电系统换相失败研究综述 .....	宋金钊, 李永丽, 曾 亮, 张云柯(2)
直流输电系统换相失败预防控制改进策略 .....	欧阳金鑫, 张 真, 肖 超(14)
电网换相换流器整体化电磁暂态仿真模型及算法 .....	贺杨焯, 郑晓冬, 刘文焯, 邵能灵, 徐 晋(22)
系统保护中跨区直流频率调制与紧急功率支援的协调控制 .....	李兆伟, 方勇杰, 黄 慧, 吴雪莲, 朱 玲, 郝朝辉, 刘福锁, 李 威(31)
多馈入交直流混联系统解耦安全域的刻画及应用 .....	陈 中, 严 俊, 朱政光, 谭林林, 路 晨(37)
直流馈入受端电网暂态电压与频率稳定紧急协调控制策略 .....	赵晋泉, 汤建军, 吴 迪, 汤 伟, 杨 铨, 胡晓飞(45)
混合多馈入交直流混联系统中长期电压分级协调控制 .....	弓 帅, 张 文, 谢季平(54)
基于时域电压比的高压直流输电线路暂态保护方案 .....	陈鑫全, 李海锋, 顾广坤, 梁远升, 王 钢(62)
UHVDC接地极线路短路阻抗特性及阻抗监视系统死区研究 .....	李小鹏, 庄 祎, 卢继平, 滕予非, 李世龙, 徐永干(70)

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3200000223号

基于级联全桥型直流断路器的直流配电网自适应重合闸方案  
 ..... 郑 涛,吕文轩(78)

含混合型 MMC 的四端柔性直流电网改进自适应重合闸策略  
 ..... 蔡普成,向 往,周 猛,倪斌业,文劲宇,林卫星(87)

基于协同型复合判据的多端直流环网边界保护原理  
 ..... 刘 琦,童 宁,林湘宁,郑宇超,金 能,李正天(94)

含柔性直流接入的架空线-电缆混合线路单端故障测距方法  
 ..... 薛士敏,陆俊弛,王守相,孙亚冰,刘存甲,刘白冰(103)

## 学术研究

离散控制时间对暂态稳定性的反常影响及其机理  
 ..... 薛禹胜,朱雪琼(112)

考虑延时影响的 MMC-HVDC 系统高频振荡机理分析  
 ..... 郭春义,彭 意,徐李清,杨 硕,胡应宏(119)

基于混合半云模型的相关性风速及风电场并网可靠性分析  
 ..... 蒋海峰,张 曼(127)

不确定性环境下考虑信息失效的主动配电网可靠性评估  
 ..... 徐登辉,王妍彦,张有兵,吴 凯,赵崇娟(134)

考虑虚拟电厂多类电力产品的配电侧市场出清策略  
 ..... 仪忠凯,许银亮,吴文传(143)

考虑双尺度相似性的负荷曲线集成谱聚类算法  
 ..... 徐胜蓝,司曹明哲,万 灿,于建成,曹照静(152)

## 研制与开发

基于深度强化学习的电动汽车实时调度策略  
 ..... 李 航,李国杰,汪可友(161)

柔性直流换流阀改进运行试验方法  
 ..... 殷冠贤,胡兆庆,谢晔源,田 杰,方太勋,朱铭炼(168)

基于混频调制的电力电子变压器设计方法及实验验证  
 ..... 袁宇波,史明明,舒良才,何国豪,陈 武(176)

广告索引 ..... (184)

- ★ 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  
 专辑策划 代长振  
 值班编辑 王梦岩 蔡静雯  
 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  
 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. 22(Ser. 692)

November 25, 2020

## MAIN CONTENTS

### Special Topic on Technology of Protection and Control for AC/DC Hybrid Power Grid

Review on Commutation Failure of HVDC Transmission System .....	SONG Jinzhao, LI Yongli, ZENG Liang, ZHANG Yunke	( 13 )
Improved Prevention and Control Strategy of Commutation Failure in HVDC Transmission System .....	OUYANG Jinxin, ZHANG Zhen, XIAO Chao	( 21 )
Integrated Electromagnetic Transient Simulation Model and Algorithm of Line Commutated Converter .....	HE Yangyang, ZHENG Xiaodong, LIU Wenzhuo, TAI Nengling, XU Jin	( 30 )
Coordinated Control of Cross-region DC Frequency Control and Emergency Power Support in System Protection .....	LI Zhaowei, FANG Yongjie, HUANG Hui, WU Xuelian, ZHU Ling, QIE Zhaohui, LIU Fusuo, LI Wei	( 36 )
Characterization and Application of Decoupling Security Region in Multi-infeed AC/DC Hybrid System .....	CHEN Zhong, YAN Jun, ZHU Zhengguang, TAN Linlin, LU Chen	( 44 )
Emergency Coordination Control Strategy for Transient Voltage and Transient Frequency Stability in HVDC Infeed Receiving-end Power Grid .....	ZHAO Jinquan, TANG Jianjun, WU Di, TANG Wei, YANG Cheng, HU Xiaofei	( 53 )
Hierarchical Coordinated Medium- and Long-term Voltage Control in Hybrid Multi-infeed AC/DC System .....	GONG Shuai, ZHANG Wen, XIE Jiping	( 61 )
Transient Protection Scheme of HVDC Transmission Line Based on Time-domain Voltage Ratio .....	CHEN Xinquan, LI Haifeng, GU Guangkun, LIANG Yuansheng, WANG Gang	( 69 )
Research on Short-circuit Impedance Characteristic and Dead-zone of Supervision System for UHVDC Grounding Electrode Line .....	LI Xiaopeng, ZHUANG Yi, LU Jiping, TENG Yufei, LI Shilong, XU Yonggan	( 77 )
Adaptive Reclosing Scheme for DC Distribution Network Based on Cascaded Full-bridge DC Circuit Breaker .....	ZHENG Tao, LYU Wenxuan	( 86 )
An Improved Adaptive Reclosing Strategy of Four-terminal Flexible DC Grid with Hybrid Modular Multilevel Converter .....	CAI Pucheng, XIANG Wang, ZHOU Meng, NI Binye, WEN Jinyu, LIN Weixing	( 93 )
Boundary Protection Principle of Multi-terminal DC Loop Network Based on Collaborative Compound Criteria .....	LIU Qi, TONG Ning, LIN Xiangning, ZHENG Yuchao, JIN Neng, LI Zhengtian	( 102 )
Single-ended Fault Location Method for Overhead Cable Mixed Lines Connected with MMC-HVDC System .....	XUE Shimin, LU Junchi, WANG Shouxian, SUN Yabing, LIU Cunjia, LIU Baibing	( 111 )

**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](mailto:aeps@alljournals.cn)  
**Tel** 86-25-81093045  
**Distributed Abroad by** China International Book Trading Corporation (GUOJISHUDIAN) Beijing, China

## Basic Research

- Anomalous Impact and Its Mechanism of Discrete Control Time on Transient Stability  
 ..... XUE Yusheng, ZHU Xueqiong (118)
- Analysis on High-frequency Oscillation Mechanism for MMC-HVDC System Considering Influence of Time Delay  
 ..... GUO Chunyi, PENG Yi, XU Liqing, YANG Shuo, HU Yinghong (126)
- Analysis on Correlation-based Wind Speed Based on Mixed Half-cloud Model and Grid-connection Reliability of Wind Farm  
 ..... JIANG Haifeng, ZHANG Man (133)
- Reliability Assessment of Active Distribution Network Considering Cyber Failure in Uncertain Environment  
 ..... XU Denghui, WANG Yanyan, ZHANG Youbing, WU Kai, ZHAO Chongjuan (142)
- Market Clearing Strategy for Distribution System Considering Multiple Power Commodities Offered by Virtual Power Plant  
 ..... YI Zhongkai, XU Yinliang, WU Wenchuan (151)
- Ensemble Spectral Clustering Algorithm for Load Profiles Considering Dual-scale Similarities  
 ..... XU Shenglan, SI Caomingzhe, WAN Can, YU Jiancheng, CAO Zhaojing (160)

## Application Research

- Real-time Dispatch Strategy for Electric Vehicles Based on Deep Reinforcement Learning  
 ..... LI Hang, LI Guojie, WANG Keyou (167)
- Improved Operation Test Method for Flexible DC Converter Valve  
 ..... YIN Guanxian, HU Zhaoqing, XIE Yeyuan, TIAN Jie, FANG Taixun, ZHU Minglian (175)
- Design Method and Experimental Verification of Power Electronic Transformer Based on Mixed-frequency Modulation  
 ..... YUAN Yubo, SHI Mingming, SHU Liangcai, HE Guohao, CHEN Wu (183)



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:

- 人工智能在现代电力系统中的应用
- 含高渗透率可再生能源的电力系统: 市场, 运行, 规划和监管

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)

