

# 电力系统自动化

半月刊

## AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS SEMIMONTHLY

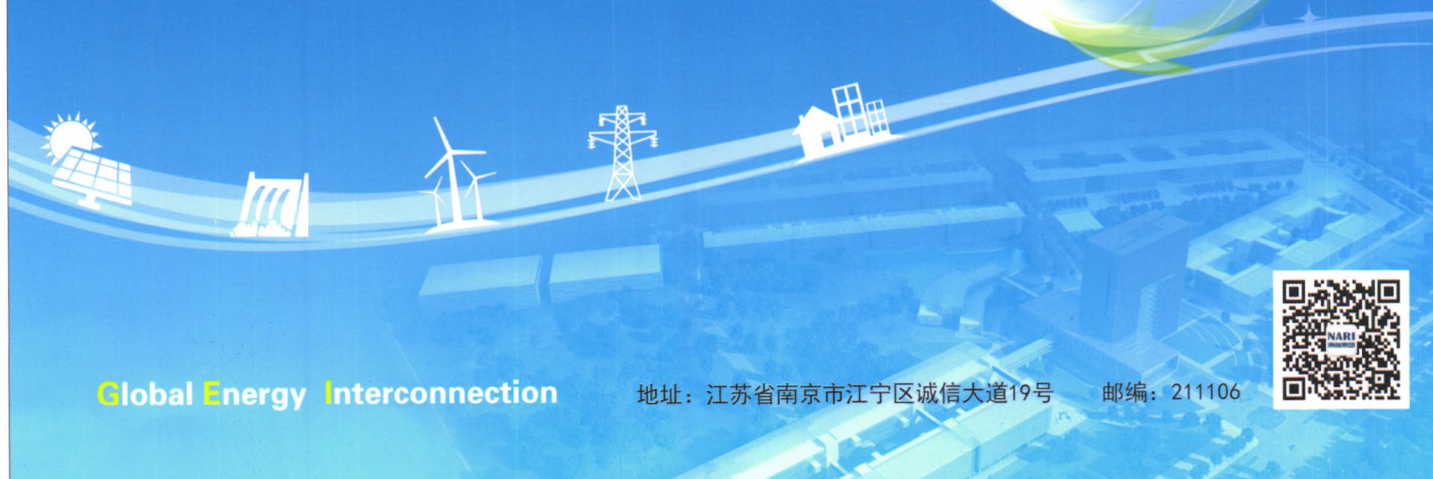


国家电网  
STATE GRID

南瑞集团公司  
NARI GROUP CORPORATION

客户服务热线: 400-828-8108

为全球能源互联网战略  
提供全面的技术支撑和装备保障



Global Energy Interconnection

地址: 江苏省南京市江宁区诚信大道19号

邮编: 211106



9 771000 102162  
万方数据



# 2016 19

国网电力科学研究院主办  
第40卷 第19期 总第593期



# 电力系统自动化

DIANLI XITONG ZIDONGHUA

第 40 卷 第 19 期(总第 593 期) 2016 年 10 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 陆延昌  
主任委员 奚国富  
副主任委员 张丽英 张启平  
吴玉生 王益民  
辛耀中 吴维宁  
薛禹胜

### 委员 (以姓氏笔画为序)

丁 明 马伟明 文福拴 方勇杰  
王成山 王锡凡 韦 化 卢 放  
卢 强 石俊杰 刘玉田 刘俊勇  
朱晓东 汤广福 宋永华 余贻鑫  
吴根范 张伯明 李文毅 李向荣  
李若梅 李继红 杨奇逊 汪建平  
沈国荣 邹 云 陈 陈 陈 梅  
周孝信 郑玉平 郑健超 姚良忠  
姚建国 施 冲 段献忠 胡敏强  
饶 宏 唐斯庆 席 平 郭经红  
高宗和 曹一家 曹惠彬 梁志成  
黄其励 程时杰 董新洲 韩英铎  
韩祯祥 鲁庭瑞 穆 钢 鞠 平

### 国际顾问 (以姓名英文字母为序)

San Shing CHOI (Singapore)  
Zhaoyang DONG (Australia)  
David J. HILL (Australia)  
Prabha KUNDUR (Canada)  
Wenyuan LI (Canada)  
Bruno MEYER (France)  
H.F. WANG (UK)  
Kit Po WONG (Australia)  
Felix F. WU (USA)  
Q. H. WU (UK)

## 目 次

### 学术研究

利用暂态能量流的次同步强迫振荡扰动源定位及阻尼评估

..... 陈 磊, 王文婕, 王茂海, 闵 勇, 谢小荣, 徐 飞(1)

基于拟哈密顿理论的随机电力系统暂态稳定性分析

..... 周海强, 鞠 平, 薛禹胜, 李洪宇(9)

基于动态博弈理论的多区域电压协同控制方法

..... 徐玄浩, 陈皓勇, 华 栋, 杨 鑫, 莫维科(15)

考虑自适应虚拟阻抗的微电网分布式功率控制策略

..... 郭 倩, 林燎源, 武宏彦, 白志红, 马 皓(23)

多采样周期混合量测环境下的主动配电网状态估计方法

..... 王少芳, 刘广一, 黄仁乐, 秦 帅(30)

基于泰勒级数和离散傅里叶变换的综合自适应相量算法

..... 徐 全, 陆 超, 刘映尚, 黄 河, 苏寅生(37)

中央空调降负荷潜力建模及影响因素分析

..... 王蓓蓓, 朱 峰, 嵇文路, 曹 阳(44)

### 研制与开发

实现最大供电能力的配电网馈线与主变压器容量匹配

..... 肖 峻, 贺琪博, 白临泉, 连恒辉, 金 力(53)

基于虚拟电容的微网逆变器无功均分控制策略

..... 徐海珍, 张 兴, 刘 芳, 石荣亮, 毛福斌, 倪 华(59)

适用于模块化级联光伏发电直流并网系统的均压策略

..... 宁光富, 陈 武, 曹小鹏, 陶以彬, 李官军(66)

电压不平衡下双馈感应发电机机侧变换器无源控制方法

..... 程启明,郭 凯,程尹曼,黄 伟,徐 聪(73)

LCL 谐振型双有源全桥双向 DC-DC 变换器分析与控制

..... 周路遥,姜久春(82)

T 型 H 桥级联多电平变换器的改进型脉宽调制策略

..... 王 跃,赵文健,胡耀威,陈国柱(87)

模块化多电平换流器子模块平均开关频率的精确控制方法

..... 郭裕群,赵成勇,许建中,何智鹏,傅 闯,周月宾(94)

并联换流器直流输电中换流器区故障分析及处理策略

..... 许训炜,王俊生,李 林,蒲 莹,尹 健,张建彪(101)

多谐波源同次谐波叠加计算方法

..... 华回春,郑 璐,王 莉,贾秀芳(107)

智能电网调度控制系统中历史数据服务优化方案

..... 于宏文,郑春伟,汪 洋,汤卫东,马志斌,徐建航(113)

## 信息通信技术及应用

高级量测体系中无线传感器网络的密钥管理方案

..... 梁建权,金显吉,佟为明,李中伟(119)

SM2 加密体系在智能变电站远动通信中的应用

..... 骆 钊,严 童,谢吉华,朱俊澎,华 伟,吴兴泉(127)

配电自动化终端设备中信息安全加密模块设计

..... 左 高,方金国,向 驰,于 伟,石文娟(134)

## 讨论园地

智能变电站选相合闸方案改进 ..... 樊 陈,倪益民,赵国庆(139)

## 工程应用

考虑  $N-1$  安全约束的 220 kV 片区电网最大供电能力计算

..... 荆朝霞,江昌旭,王宏益(145)

通用接口转换装置在常规站母线保护智能化改造中的应用

..... 王风光,吕 航,朱继红,周 强(153)

## 综述

面向光热发电的太阳能短期预报技术

..... 张 悦,申彦波,石广玉(158)

广告索引 ..... (168)

★ 第三届“中国出版政府奖”期刊奖

★ 2013 和 2015 年度中国“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

★ “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 国家电网公司

主办单位 国网电力科学研究院

编辑出版 电力系统自动化杂志社

社 长 曹荣章

主 编 薛禹胜

副 主 编 王 青

值班编辑 孔丽蓓 丁 琰

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 江苏新华柏印务有限公司

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

国内邮发代号:28-40 国外发行代号:SM362

本刊图文版权所有,除文摘外未经许可不得转载



# AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Semimonthly Journal of State Grid Corporation of China

Vol.40 No.19 (Ser.593)

October 10, 2016

## MAIN CONTENTS

### Basic Research

- Disturbance Source Location of Subsynchronous Forced Oscillation and Damping Evaluation Using Transient Energy Flow  
..... CHEN Lei, WANG Wenjie, WANG Maohai, MIN Yong, XIE Xiaorong, XU Fei(8)
- Transient Stability Analysis of Stochastic Power System Based on Quasi-Hamiltonian System Theory  
..... ZHOU Haiqiang, JU Ping, XUE Yusheng, LI Hongyu(14)
- Multi-area Voltage Cooperative Control Method Based on Dynamic Game Theory  
..... XU Xuanhao, CHEN Haoyong, HUA Dong, YANG Xin, MO Weike(22)
- Distributed Power Control Strategy for Microgrids Considering Adaptive Virtual Impedance  
..... GUO Qian, LIN Liaoyuan, WU Hongyan, BAI Zhihong, MA Hao(29)
- State Estimation Method for Active Distribution Networks Under Environment of Hybrid Measurements with Multiple Sampling Periods  
..... WANG Shaofang, LIU Guangyi, HUANG Renle, QIN Shuai(36)
- Comprehensive Adaptive Phasor Algorithm Based on Taylor Series and Discrete Fourier Transform  
..... XU Quan, LU Chao, LIU Yingshang, HUANG He, SU Yinsheng(43)
- Load Cutting Potential Modeling of Central Air-conditioning and Analysis on Influencing Factors  
..... WANG Beibei, ZHU Feng, JI Wenlu, CAO Yang(52)

### Application Research

- Optimal Capacity Ratio Between Feeders and Main Transformers to Implement Total Supply Capability  
..... XIAO Jun, HE Qibo, BAI Linqun, LIAN Henghui, JIN Li(58)
- Reactive Power Sharing Control Strategy for Microgrid Inverters Based on Virtual Capacitor  
..... XU Haizhen, ZHANG Xing, LIU Fang, SHI Rongliang, MAO Fubin, NI Hua(65)
- Voltage Balancing Strategy for DC Grid-connected Photovoltaic Power Generation Systems with Modular Cascaded Structure  
..... NING Guangfu, CHEN Wu, CAO Xiaopeng, TAO Yibin, LI Guanjun(72)
- Passivity-based Control Method for Rotor-side Converter of Doubly-fed Induction Generator Under Unbalanced Voltage Condition  
..... CHENG Qiming, GUO Kai, CHENG Yinman, HUANG Wei, XU Cong(81)
- Analysis and Control of Dual Active Bridge DC-DC Converter Based on LCL Resonant Network  
..... ZHOU Luyao, JIANG Jiuchun(93)
- Improved Phase Width Modulation Strategy for T-type H-bridge Based Cascaded Multilevel Converter  
..... WANG Yue, ZHAO Wenjian, HU Yaorwei, CHEN Guozhu(93)
- Precision Control Method of Average Sub-module Switching Frequency for Modular Multilevel Converters  
..... GUO Yuqun, ZHAO Chengyong, XU Jianzhong, HE Zhipeng, FU Chuang, ZHOU Yuebin(100)

**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** WANG Qing  
**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** 86-25-81093060, 81093045  
**Fax** 86-25-81093040  
**Distributed Abroad by** China International Book Trading  
Corporation (GUOJISHUDIAN) P.O.Box 399, Beijing,  
China  
©2016 Automation of Electric Power Systems Press

#### Analysis and Clearing Action of Converter Area Fault in HVDC Transmission System with Parallel Converters

..... XU Xunwei, WANG Junsheng, LI Lin, PU Ying, YIN Jian, ZHANG Jianbiao (133)

#### Calculation Method for Same-order Harmonic Superposition of Multiple Harmonic Sources

..... HUA Huichun, ZHENG Lu, WANG Li, JIA Xiufang (112)

#### Historical Data Service Optimization Scheme for Smart Grid Dispatching and Control Systems

..... YU Hongwen, ZHENG Chunwei, WANG Yang, TANG Weidong, MA Zhibin, XU Jianhang (118)

### Applications of Information and Communication Technology

#### Key Management Scheme for Wireless Sensor Networks in Advanced Metering Infrastructure

..... LIANG Jianquan, JIN Xianji, TONG Weiming, LI Zhongwei (126)

#### Application of SM2 Encrypted System in Telecontrol Communication for Smart Substation

..... LUO Zhao, YAN Tong, XIE Jihua, ZHU Junpeng, HUA Wei, WU Xingquan (133)

#### Design of Information Security Encryption Module for Remote Terminal Units in Distribution Automation

..... ZUO Gao, FANG Jinguo, XIANG Chi, YU Wei, SHI Wenjuan (138)

### Discussion

Improvement of Phase-selection Switching Scheme in Smart Substation ..... FAN Chen, NI Yimin, ZHAO Guoqing (144)

### Engineering Application

#### Total Supply Capability Calculation of 220 kV Area Power Grid Considering $N-1$ Security Constraint

..... JING Zhaoxia, JIANG Changxu, WANG Hongyi (152)

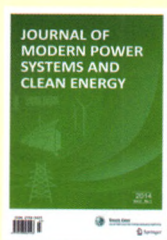
#### Application of Generic Interface Conversion Device in Intelligent-going Reconstruction for Bus-bar Protections in Conventional Substations

..... WANG Fengguang, LYU Hang, ZHU Jihong, ZHOU Qiang (157)

### Review

#### Short-term Forecasting Technology of Solar Energy for Concentrating Solar Power

..... ZHANG Yue, SHEN Yanbo, SHI Guangyu (167)



SCI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:

- 储能系统及其在电力系统中的灵活应用
- 管理电力需求
- 电力和天然气系统的协同规划、运行和控制

主编: 薛禹胜 (中国) Kit Po Wong (澳大利亚)  
主办单位: 国网电力科学研究院  
地址: 江苏省南京市江宁区诚信大道19号  
电话: 025-81093060  
传真: 025-81093040  
Email: [mpce@alljournals.cn](mailto:mpce@alljournals.cn)





## 监控全面、数据准确、快速响应

### 综合网络管理系统, 信息运维强有力的支撑手段

## 综合网络监控系统 (NMS)



综合网络监控系统 (NMS) 是集信息网络监控、主机监控、数据库监控、中间件监控、业务探测等监控功能为一体的数据采集与监控平台。实现对“网络设备、安全设备、主机设备、数据库、中间件和业务应用”的实时运行数据的采集、加工, 告警的生成和故障定位。

## 测控智能化、管理精益化、运维自动化、决策数据化

### 机房综合智能监控系统 (PEMS), 机房管理监控的专家

## 机房综合智能监控系统 (PEMS)

机房综合智能监控系统 (PEMS) 提供动力环境测控、机房资源及监控可视化。主要功能包括: 机房资源精细化管理、动力环境测控、蓄电池监测、安防监控及可视化展现等。



**信息通信技术分公司 / 南京南瑞信息通信科技有限公司**  
INFORMATION TECHNOLOGY & COMMUNICATION COMPANY / NARI INFORMATION & COMMUNICATION TECHNOLOGY COMPANY

地址: 江苏省南京市南瑞路8号 邮编: 210003 质量热线: 025-81082789 营销咨询电话: 025-81082830 81082829 传真: 025-81082800  
办事处联系电话: 成都 028-61517519、昆明 0871-65701119、广州 020-37857586