

# 电力系统自动化

DIANLI XITONG ZIDONGHUA

第 42 卷 第 9 期(总第 631 期) 2018 年 5 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 | 杨志宏 | 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 |
| 谢开贵 | 谢少军 | 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

### 能源转型与电力支撑

关于能源转型分析的评述:(一)转型要素及研究范式

... 舒印彪,薛禹胜,蔡斌,韩建国,凌文,陈新宇,M. B. MCELROY(1)

### 基于虚拟同步发电机的新能源并网技术及应用

特约主编寄语 ..... 柴建云,张兴(16)

虚拟同步发电机技术在风力发电系统中的应用与展望

..... 柴建云,赵杨阳,孙旭东,耿华(17)

虚拟同步发电机并网运行适应性分析及探讨

..... 葛俊,刘辉,江浩,王晓声,孙大卫(26)

大电网中虚拟同步发电机惯量支撑与一次调频功能定位辨析

..... 秦晓辉,苏丽宁,迟永宁,郭强,徐希望(36)

强阻尼电压源型虚拟同步发电机大扰动功角稳定性分析

..... 孟志伟,侯玉强,方勇杰,朱玲,杨海洋(44)

虚拟同步发电机的暂态稳定性分析 ..... 朱蜀,刘开培,秦亮(51)

松弛小功角约束条件的虚拟同步发电机功率解耦策略

..... 李明烜,王跃,徐宁一,周晖,雷万钧(59)

虚拟同步发电机并联运行的阻抗匹配策略

..... 张辉,王帆,李晓强,杨帆,张倩(69)

基于自适应虚拟惯性的微电网动态频率稳定控制策略

..... 刘尧,陈建福,侯小超,裴星宇,李建标,栗梅(75)

适应于弱电网的永磁直驱风电机组虚拟惯量协调控制策略

..... 贺家发,宋美艳,兰洲,黄林彬,辛焕海,汪震(83)

|                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| 虚拟同步发电机的并网功率控制及模式平滑切换      | ..... 颜湘武,贾焦心,王德胜,李正文,葛延峰(91)      |
| 负荷虚拟同步机及其低电压故障穿越控制         | ..... 胡文强,吴在军,窦晓波,胡敏强(100)         |
| 基于动态电压补偿的 VSG 电流平衡及峰值电流控制  | ..... 郭岩,郑天文,司杨,陈来军,梅生伟(108)       |
| 具有低次谐波抑制功能的虚拟电阻型光伏逆变器      | ..... 凌毓畅,曾江,刘洋,杨林(114)            |
| 适用于电网不对称故障的双馈风力发电机虚拟同步控制策略 | ..... 程雪坤,孙旭东,柴建云,刘辉,宋鹏(120)       |
| 非理想电网条件下的同步逆变器控制策略         | ..... 陈杰,申朋朋,魏涛,陈新,陈家伟(127)        |
| 基于欠励磁状态运行的虚拟同步发电机低电压穿越控制策略 | ..... 施凯,叶海涵,徐培凤,焦龙(134)           |
| 基于态势利导的同步逆变器负序电流抑制方法       | ..... 李辉,王梦思,李帅虎,李磊,谭貌,段斌(141)     |
| 光伏虚拟同步发电机工程应用效果分析及优化       | ..... 巩宇,王阳,李智,史学伟,宋鹏,杨伟新,韦微(149)  |
| 基于定子虚拟阻抗的双馈风电机组虚拟同步控制策略    | ..... 谢震,孟浩,张兴,靳晓雯(157)            |
| 含虚拟同步发电机的多端柔性直流系统稳定性分析     | ..... 付强,杜文娟,黄登一,王海风(164)          |
| 参与微电网调频的电动汽车虚拟同步机充放电控制策略   | ..... 刘其辉,逯胜建(171)                 |
| 级联型储能系统中虚拟同步发电机控制及电池自均衡策略  | ..... 李新,杨苒晨,邵雨亭,胡耀威,陈国柱(180)      |
| <b>研制与开发</b>               |                                    |
| 基于时间序列关联聚类的储能电池典型工况曲线提炼    | ..... 杨水丽,侯朝勇,许守平,赵录兴,孙冰莹,陈继忠(188) |
| 基于并联电阻扰动信号的配电网故障定位方法分析     | ..... 齐郑,庄舒仪,刘自发,姚志璋,张羽翹(195)      |
| 采用多态机制的未来态配电网模型管理方案        | ..... 陈宇星,马志斌,李晨,黄文英,周济,张小娇(201)   |
| 征稿简则                       | ..... (207)                        |
| 广告索引                       | ..... (208)                        |

- ★ 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 曹荣章  
 主 编 薛禹胜  
 副 主 编 张伯明 罗 安 王 青  
 专辑特约主编 柴建云 张 兴  
 专辑策划 张 焱  
 值班编辑 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)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

# AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Semimonthly Journal of State Grid Corporation of China

Vol.42 No.9 (Ser.631)

May 10, 2018

## MAIN CONTENTS

### Energy Transition and Power Support

A Review of Energy Transition Analysis: Part One Elements and Paradigms

..... SHU Yinbiao, XUE Yusheng, CAI Bin, HAN Jianguo, LING Wen, CHEN Xinyu, M. B. MCELROY(15)

### Special Topic on Renewable Energy Grid-connected Technology Based on Virtual Synchronous Generator and Its Application

Application and Prospect of Virtual Synchronous Generator in Wind Power Generation System

..... CHAI Jianyun, ZHAO Yangyang, SUN Xudong, GENG Hua(68)

Analysis and Investigation on Grid-connected Operation Adaptability of Virtual Synchronous Generators

..... GE Jun, LIU Hui, JIANG Hao, WANG Xiaosheng, SUN Dawei(35)

Functional Orientation Discrimination of Inertia Support and Primary Frequency Regulation of Virtual Synchronous Generator in Large Power Grid .....

QIN Xiaohui, SU Lining, CHI Yongning, GUO Qiang, XU Xiwang(43)

Analysis on Large Disturbance Power-angle Stability of Strong-damping Voltage-source Virtual Synchronous Generators

..... MENG Zhiwei, HOU Yuqiang, FANG Yongjie, ZHU Ling, YANG Haiyang(50)

Transient Stability Analysis of Virtual Synchronous Generator .....

ZHU Shu, LIU Kaipei, QIN Liang(58)

Power Decoupling Strategy for Virtual Synchronous Generator Relaxing Condition of Small Power Angle

..... LI Mingxuan, WANG Yue, XU Ningyi, ZHOU Hui, LEI Wanjuan(68)

Impedance Matching Strategy for Parallel Virtual Synchronous Generators

..... ZHANG Hui, WANG Fan, LI Xiaoqiang, YANG Fan, ZHANG Qian(74)

Dynamic Frequency Stability Control Strategy of Microgrid Based on Adaptive Virtual Inertia

..... LIU Yao, CHEN Jianfu, HOU Xiaochao, PEI Xingyu, LI Jianbiao, SU Mei(140)

A Virtual Inertia Coordinated Control Scheme of PMSG-based Wind Turbines in Weak Grids

..... HE Jiafa, SONG Meiyang, LAN Zhou, HUANG Linbin, XIN Huanhai, WANG Zhen(90)

Power Control and Smooth Mode Switchover for Grid-connected Virtual Synchronous Generators

..... YAN Xiangwu, JIA Jiaoxin, WANG Desheng, LI Zhengwen, GE Yanfeng(99)

Load Virtual Synchronous Machine and Its Low Voltage Ride-through Control

..... HU Wenqiang, WU Zaijun, DOU Xiaobo, HU Minqiang(107)

Current Balance and Peak Current Control of Virtual Synchronous Generator Based on Dynamic Voltage Compensation

..... GUO Yan, ZHENG Tianwen, SI Yang, CHEN Laijun, MEI Shengwei(194)

Virtual-resistance-type Photovoltaic Inverter with Low-order Harmonics Suppression

..... LING Yuchang, ZENG Jiang, LIU Yang, YANG Lin(119)

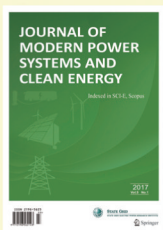
**Competent Authorities** State Grid Corporation of China  
**Sponsor** State Grid Electric Power Research Institute  
**Editor and Publisher** State Grid Electric Power Research  
Institute Press  
**Chairman** XI Guofu  
**Editor in Chief** XUE Yusheng (Academician)  
**Associate Editor in Chief** ZHANG Boming, LUO An  
WANG Qing  
©2018 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 **Fax** 86-25-81093040  
**Distributed Abroad by** China International Book Trading  
Corporation (GUOJISHUDIAN) P.O.Box 399, Beijing,  
China

- Virtual Synchronous Control Strategy for Doubly-fed Induction Generator Under Asymmetrical Grid Faults  
..... CHENG Xuekun, SUN Xudong, CHAI Jianyun, LIU Hui, SONG Peng (126)
- Control Scheme for Synchronverters Under Non-ideal Grid Condition  
..... CHEN Jie, SHEN Pengpeng, WEI Tao, CHEN Xin, CHEN Jiawei (133)
- Under-excitation Operation of Low Voltage Ride-through Control Strategy for Virtual Synchronous Generator  
..... SHI Kai, YE Haihan, XU Peifeng, JIAO Long (140)
- Situation Orientation Based Suppression Method of Negative Sequence Current for Synchronverter  
..... LI Hui, WANG Mengsi, LI Shuaihu, LI Lei, TAN Mao, DUAN Bin (179)
- Engineering Application Effect Analysis and Optimization of Photovoltaic Virtual Synchronous Generator  
..... GONG Yu, WANG Yang, LI Zhi, SHI Xuewei, SONG Peng, YANG Weixin, WEI Zheng (156)
- Virtual Synchronous Control Strategy of DFIG-based Wind Turbines Based on Stator Virtual Impedance  
..... XIE Zhen, MENG Hao, ZHANG Xing, JIN Xiaowen (187)
- Stability Analysis of Multi-terminal Flexible DC System with Virtual Synchronous Generators  
..... FU Qiang, DU Wenjuan, HUANG Dengyi, WANG Haifeng (170)
- Charging and Discharging Control Strategy Based on Virtual Synchronous Machine for Electrical Vehicles Participating  
in Frequency Regulation of Microgrid ..... LIU Qihui, LU Shengjian (179)
- Strategy of Virtual Synchronous Generator Control and Battery Balancing in Cascaded H-bridge Based Energy Storage  
System ..... LI Xin, YANG Ranchen, SHAO Yuting, HU Yaowei, CHEN Guozhu (187)

## Application Research

- Extraction of Typical Duty Cycle Curves of Energy Storage Battery Based on Time-series Correlation and Clustering Method  
..... YANG Shuili, HOU Chaoyong, XU Shouping, ZHAO Luxing, SUN Bingying, CHEN Jizhong (194)
- Analysis on Distribution Network Fault Location Method Based on Parallel Resistance Disturbed Signal Injection  
..... QI Zheng, ZHUANG Shuyi, LIU Zifa, YAO Zhizhang, ZHANG Yuqiao (200)
- Polymorphism Mechanism Based Management Scheme of Future-state Distribution Network Model  
..... CHEN Yuxing, MA Zhibin, LI Chen, HUANG Wenying, ZHOU Ji, ZHANG Xiaojiao (206)



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:

■ 电力信息物理融合系统

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](mailto:mpce@alljournals.cn)

