



# 基于 EtherCAT 和 PC 的控制： 自动化新技术



倍福基于 EtherCAT 和 PC 的控制技术建立了全球标准：

- 用于工业 PC、I/O、运动控制和自动化软件的所有组件
- 在全球自动化领域树立了里程碑：  
Lightbus 系统、总线端子模块、TwinCAT 自动化软件
- 最大可扩展性和开放式自动化系统
- 基于 EtherCAT 高性能现场总线
- 将所有基本的设备和系统功能集成在同一个控制平台中
- 为 20 多个行业提供通用型自动化解决方案



扫一扫，了解  
更多有关倍福  
控制系统的信息

# 电气自动化

Dianqi Zidonghua

双月刊 创刊于 1979 年



中国科技核心期刊  
全国优秀科技期刊  
中国期刊方阵科技期刊

2022 年  
第 44 卷第 5 期  
(总第 263 期)

主 管 上海电气控股集团有限公司  
主 办 上海电气自动化设计研究所  
有限公司  
上海市自动化学会  
出 版 《电气自动化》编辑部  
国内总发行 中国邮政集团公司上海市  
分公司  
国内订购 中国邮政集团公司  
国外发行 中国国际图书贸易集团  
有限公司  
封面印刷 上海新华印刷有限公司  
正文印刷 上海七〇四研究所印刷厂  
定 价 20.00 元

国际标准连续出版物号:ISSN 1000 - 3886  
国内统一连续出版物号:CN 31 - 1376/TM  
邮 发 代 号: 4 - 346  
社 长: 张玉龙  
主 编: 张玉龙  
常务副主编: 王丽莲  
地 址: 上海市蒙自路 360 号  
电 话: (021)63014492(直)  
(021)63018345(总)  
传 真: (021)63018720  
邮 政 编 码: 200023  
投 稿 网 址: <http://www.dqzdh1979.com>  
Email: [dqzdh2007@126.com](mailto:dqzdh2007@126.com)

出版日期: 单月 30 日  
发行范围: 公开

《电气自动化》杂志欢迎业界同  
仁以电邮、电话等各种方式前来洽谈  
广告业务。

## 目 次

### 变流技术

永磁同步电机负荷特性对油田配电网暂态电压稳定的影响  
..... 孙东,董浩东,仇志华,王莉,周亮,徐丹(1)  
基于 DSP 的开关磁阻电机直接转矩控制系统设计与实现 ..... 胡春龙(5)

### 电源技术

级联电池储能系统控制电源方案及其可靠性 ... 陈满,李勇琦,彭鹏,凌志斌(8)

### 新能源发电控制技术

基于 RF-XGBoost 的光伏发电功率预测  
..... 葛浩然,夏宇,邹文进,郝少飞,马刚(12)

### 风电场 - 综合能源服务商协同运行优化调度

..... 唐涛南,薛建杰,王凌,梁文豪,周辉,王维保(16)

### 综合能源项目全生命周期投资评价方法

..... 徐佳琪,张旺,王静怡,卢璐,徐佳裕(19)

### 含高渗透光伏不平衡配电系统的概率电压灵敏度分析方法

..... 刘宝林,王超,陈光灿,章齐,张继伟(22)

计及光伏无功调节能力的配电网电压控制研究 ..... 周永刚,陈娟,夏鹏(25)

### 电力系统及其自动化

基于改进粒子群算法的风机下垂控制研究 ..... 孙琦,李岩,冀宵玉,刘辉(29)

### 基于电网实时断面的线路参数循环核校仿真分析

..... 刘红岩,万信书,徐悦洋,李天楚,程冰(32)

### 基于随机森林和双向长短期记忆网络的超短期负荷预测研究

..... 伍乙杰,黄文灏,赖仕达,陈光宇,贾鹏,李家兴(35)

基于 CNN-SVR 城市日负荷预测机制 ..... 张功勋,姚方,曹赞(38)

### 基于改进双向 GABP 神经网络的电力负荷缺失数据补全方法

..... 洪德华,张翠翠,宫政,雷沁怡(41)

基于改进蜂群算法的微电网优化调度 ..... 赵才,张志飞,陈丹凤,李欣(46)

### 基于多代理决策模型的电力市场月度集中竞价博弈分析

..... 李知远,张翼飞,张政,李天然(50)

考虑外界多因素影响的输电线路设计的方法 ..... 孙洪波(53)

### 基于 MQTT 的配电终端即插即用技术研究

..... 康童,朱吉然,马玳,徐波,王高海(57)

### 基于自抗扰控制策略的微电网运行模式平滑切换的控制研究

..... 陈晶,滕青芳(60)

基于互补集合经验模态分解的线路故障测距 ..... 穆永凯,王玲桃(63)

### 基于状态评估的配电网自适应继电保护配置方案

..... 韩笑,孙杰,王凡,蒋剑涛(66)

### 自动控制系统与装置

一种嵌入式装置逻辑仿真系统的实现方法 ..... 徐艳艳,孙运乾,姜艳娟(69)

### 基于迭代学习的输电线路风险态势感知系统设计

..... 王文卓,王关霖,张益明(71)

### 基于 FairMOT 的隧道交通车辆检测及追踪系统研究

..... 康盛,范益群,李铮伟(75)

### 高精度 UWB 的室内无线定位关键技术研究

..... 王明涛,汪文元,叶亚林,卢玉龙,汪广明,何滔(78)

### 基于 STM 32 的无线多源数据采集系统的设计

..... 匡政睿,晏国华,余玟铮(81)

基于振动声学的变压器健康状况评估方法研究 ... 王树东,吴永勇,刘春艳(84)

### 智能控制技术

大数据特征分析的电能计量资产智能库房管理  
..... 戴昶,李波,俞敏,吴春华,史波(87)

### 测量与检测技术

基于改进频谱分布算法的发电机定子槽楔检测 ..... 黄艇,周游游(92)

一种交直流混联系统连锁故障链搜索方法 ..... 黄楚茵,夏成军(95)

### 机器人技术

基于粒子群优化算法的搬运机器人标定方法研究 ... 刘海龙,李移伦,吴海波(98)

基于指导轨迹加速的机械臂强化学习运动规划  
..... 刘哲,潘爱强,魏本刚,江安烽,张家维,白成超(102)

### 模式识别

基于 Transformer 模型与毫米波雷达的手势识别  
..... 余玟铮,晏国华,匡政睿(104)

### 工业应用

现代有轨电车运行速度管理研究  
..... 赵晓峰,徐正良,金建飞,顾华强,刘宏祥(108)

封闭污水处理环境下无人巡检装置开发和试验  
..... 朱俊卿,魏海娟,陈祺炜,李洋,李玥(112)

基于 MQTT 通信的二次供水智能感知终端研制与应用  
..... 陈治平,刘姗姗,康盛(115)

### 本刊被以下数据库收录:

- ①中国核心期刊(遴选)数据库
- ②中国学术期刊网络出版总库及 CNKI 系列数据库
- ③中文科技期刊数据库收录期刊

# ELECTRICAL AUTOMATION

ISSN 1000 – 3886

CODEN DIZIE6

(Bimonthly)

Vol. 44 No. 5

Sep. 2022

(Serial Issue No. 263)

## Competent Department:

Shanghai Electric Holdings Group Co., Ltd.

## Sponsors:

Shanghai Electrical Automation D&R Institute Co., Ltd.

Shanghai Association of Automation

## Edited by

《ELECTRICAL AUTOMATION》

Editorial Board

**Director:** Zhang Yulong

**Chief Editor:** Zhang Yulong

**Vice Chief Editor:** Wang Lilian

## Published by

《ELECTRICAL AUTOMATION》

Editorial Board

## Printed by

Shanghai Printing Factory of 704 Research Institute and Shanghai Xinhua Printing Co., Ltd.

## Subscribing Place:

China Post Group Corporation

## Distributed in China by

Shanghai Branch of China Post Group Corporation

## Distributed Abroad by

China International Book Trading Corporation

## China Serial Number:

CN 31 – 1376/TM

**Add:** 360 Mengzi Road, Shanghai 200023, China

**Postcode:** 200023

**Tel:** (86 21) 63014492, 63018345

**Fax:** (86 21) 63018720

**http://**www.dqzdh1979.com

**Email:** dqzdh2007@126.com

## CONTENTS

- Influence of Permanent Magnet Synchronous Motor Load Characteristics on Transient Voltage Stability of Oilfield Distribution Network ..... Sun Dong, Dong Haodong, Zhang Zhihua, Wang Li, Zhou Liang, Xu Dan (1)
- Design and Implementation of Direct Torque Control System of Switched Reluctance Motor Based on DSP ..... Hu Chunlong (5)
- Control Power Supply Scheme and Reliability of Cascade Battery Energy Storage System ..... Chen Man, Li Yongqi, Peng Peng, Ling Zhibin (8)
- Prediction of Photovoltaic Power Generation Based on RF-XGBoost ..... Ge Haoran, Xia Yu, Zou Wenjin, Hao Shaofei, Ma Gang (12)
- Coordinated Operation and Optimal Scheduling of Wind Farm-integrated Energy Service Provider ..... Tang Taonan, Xue Jianjie, Wang Ling, Liang Wenhao, Zhou Hui, Wang Weibao (16)
- Life-cycle Investment Evaluation Method of Comprehensive Energy Project ..... Xu Jiaqi, Zhang Wang, Wang Jingyi, Lu Lu, Xu Jiayu (19)
- Probabilistic Voltage Sensitivity Analysis Method for Unbalanced Distribution System Containing High Permeability Photovoltaics ..... Liu Baolin, Wang Chao, Chen Guangcan, Zhang Qi, Zhang Jiwei (22)
- Research on Distribution Network Voltage Control Considering Photovoltaic Reactive Power Regulation Capability ..... Zhou Yonggang, Chen Juan, Xia Peng (25)
- Research on Droop Control of Wind Turbine Based on Improved Particle Swarm Algorithm ..... Sun Qi, Li Yan, Ji Xiaoyu, Liu Hui (29)
- Simulation Analysis of Cyclic Checking of Line Parameters Based on Real-time Section of Power Grid ..... Liu Hongyan, Wan Xinshu, Xu Yueyang, Li Tianchu, Cheng Bing (32)
- Research on Ultra-short-term Load Forecasting Based on Random Forest and Bidirectional Long-short-term Memory Network ..... Wu Yijie, Huang Wenhao, Lai Shida, Chen Guangyu, Jia Peng, Li Jiaying (35)
- City Daily Load Forecasting Mechanism Based on CNN-SVR ..... Zhang Gongxun, Yao Fang, Cao Yun (38)
- Method of Completing Power Load Missing Data Based on Improved Bidirectional GABP Neural Network ..... Hong Dehua, Zhang Cuicui, Gong Zheng, Lei Qinyi (41)
- Optimal Scheduling of Microgrid Based on Improved Bee Colony Algorithm ..... Zhao Cai, Zhang Zhifei, Chen Danfeng, Li Xin (46)
- Game Analysis of Monthly Centralized Competitive Bidding in Electricity Market Based on Multi-agent Decision Model ..... Li Zhiyuan, Zhang Yifei, Zhang Zheng, Li Tianran (50)
- Design Method of Transmission Line Considering the Influence of External Factors ..... Sun Hongbo (53)
- Research on Plug and Play Technology of Power Distribution Terminal Based on Message Queue Telemetry Transmission ..... Kang Tong, Zhu Jiran, Ma Ding, Xu Bo, Wang Gaohai (57)
- Research on Smooth Switching Control of Microgrid Operation Mode Based on Active Disturbance Rejection Control Strategy ..... Chen Jing, Teng Qinfang (60)
- Line Fault Location Based on Complementary Ensemble Empirical Mode Decomposition ..... Mu Yongkai, Wang Lingtao (63)
- Adaptive Relay Protection Configuration Scheme for Distribution Network Based on State Assessment ..... Han Xiao, Sun Jie, Wang Fan, Jiang Jiantao (66)
- An Implementation Method of Embedded Device Logic Simulation System ..... Xu Yanyan, Sun Yunqian, Jiang Yanjuan (69)
- Design of Risk Situation Awareness System of Transmission Line Based on Iterative Learning ..... Wang Wenzhuo, Wang Guanlin, Zhang Yiming (71)
- Research of Vehicle Detection and Multi-object Tracking in Tunnel Traffic System Based on FairMOT ..... Kang Sheng, Fan Yiqun, Li Zhengwei (75)
- Research on Key Technologies of Indoor Wireless Positioning for High Precision UWB ..... Wang Mingtao, Wang Wenyuan, Ye Yalin, Lu Yulong, Wang Guangming, He Tao (78)
- Design of Wireless Multi-source Data Acquisition System Based on STM32 ..... Kuang Zhengrui, Shu Guohua, Yu Wenzheng (81)
- Research on Evaluation Method of Transformer Health Condition Based on Vibro-acoustics ..... Wang Shudong, Wu Yongyong, Liu Chunyan (84)
- Intelligent Warehouse Management of Electric Energy Metering Assets Based on Big Data Characteristic Analysis ..... Dai Chang, Li Bo, Yu Min, Wu Chunhua, Shi Bo (87)
- Generator Stator Slot Wedge Detection Based on Improved Spectral Distribution Algorithm ..... Huang Meng, Zhou Youyou (92)
- A Search Method for Cascading Fault Chain of AC/DC Hybrid System ..... Huang Chuyin, Xia Chengjun (95)
- Research on Calibration Method of Handling Robot Based on Particle Swarm Optimization ..... Liu Hailong, Li Yilun, Wu Hailo (98)
- Motion Planning of Manipulators Reinforcement Learning Based on Guided Trajectory Acceleration ..... Liu Zhe, Pan Aiqiang, Wei Bengang, Jiang Anfeng, Zhang Jiawei, Bai Chengchao (102)
- Hand Gesture Recognition Based on Transformer Model and Millimeter-wave Radar ..... Yu Wenzheng, Shu Guohua, Kuang Zhengrui (104)
- Research on Running Speed Management of Modern Trams ..... Zhao Xiaofeng, Xu Zhengliang, Jin Jianfei, Gu Huaqiang, Liu Hongxiang (108)
- Development and Test of Unmanned Inspection Device in Closed Sewage Treatment Environment ..... Zhu Junqing, Wei Haijuan, Chen Qiwei, Li Yang, Li Yue (112)
- Development and Application of Intelligent Sensing Terminal for Secondary Water Supply Based on MQTT Communication ..... Chen Zhiping, Liu Shanshan, Kang Sheng (115)





# SEARI-iPlant 智慧污水处理厂运行管控平台

作为智慧化污水处理厂工艺控制的先行者，我们为城市污水处理厂提供完整的工艺自动化控制解决方案，智能化的运行管控平台涵盖了污水从进水、分配、处理到排放等各工艺段，同时具备药剂投加与污泥控制的优化系统，完成污水处理厂从能耗到药耗的优化运行，最终达到稳定出水指标，降低人工劳动负荷，节省能源消耗的目标。

生物智能曝气控制系统 AerationSmarC  
 加药除磷自适应控制系统 PhosC  
 碳源投加自适应控制系统 CarbonC  
 智能进水负荷分配控制系统 InfluenC  
 智能混合液回流控制系统 RecyC-IRQ  
 智能污泥回流控制系统 RecyC-RAS  
 智能剩余污泥控制系统 WasteC

## 做最懂污水工艺的自动化控制系统

Process matters more in waste water automation system

上海电气自动化设计研究所有限公司  
 电话：86-21-6301 8345  
 传真：86-21-6301 8720  
<http://www.seari.com>  
 售前：iplant\_sales@seari.com  
 技术：iplant\_tech@seari.com  
 中国上海市黄浦区蒙自路360号 (200023)

主办：上海电气自动化设计研究所有限公司  
 上海市自动化学会

国际标准连续出版物号  
 国内统一连续出版物号  
 邮发代号：4-346

ISSN 1000-3886  
 CN 31-1376/TM  
 售价：20.00元

ISSN 1000-3886  
 09  
 9 771000 388221