

中国科技核心期刊

中国科学引文数据库 (CSCD) 来源期刊

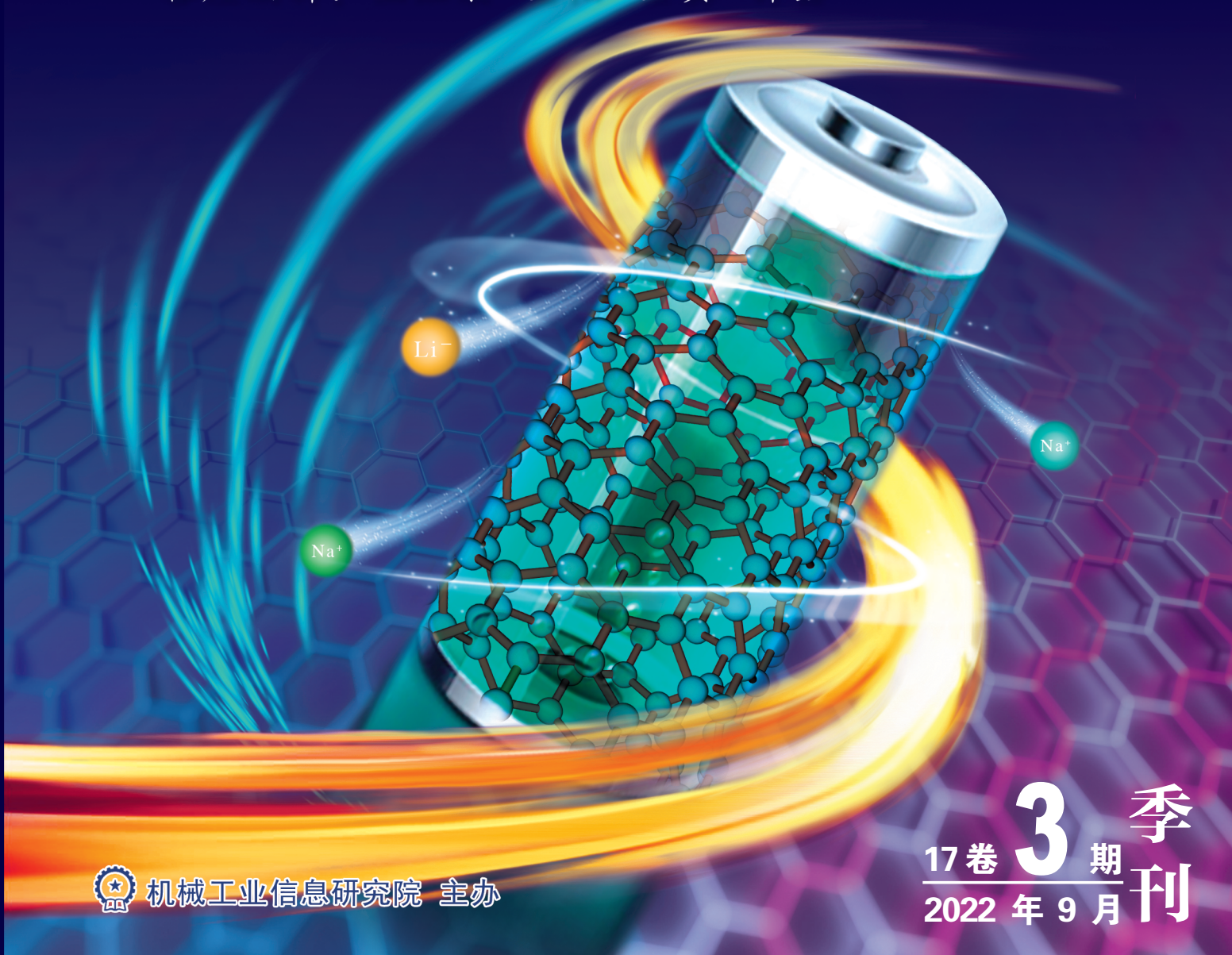
ISSN 2095-9524
CN 10-1289/TM

电气工程学报

特邀专栏：储能(储氢)材料、技术、装置及新能源综合应用

客座主编：成永红

客座编辑：王红康 金阳 金翼 许鑫



 机械工业信息研究院 主办

17卷 **3** 期 季刊
2022年9月

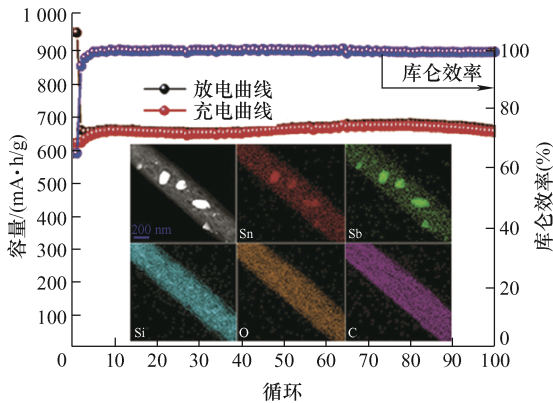
特邀专栏

储能(储氢)材料、技术、装置及新能源综合应用

客座主编: 成永红 教授(西安交通大学)
客座编辑: 王红康 研究员(西安交通大学)
金 阳 教授(郑州大学)
金 翼 博士(中国电力科学研究院有限公司)
许 鑫 研究员(西安交通大学)
策划编辑: 董怡君(《电气工程学报》编辑部)

- 1 序
- 2 锂/钠离子电池锡锑合金负极材料改性的研究进展

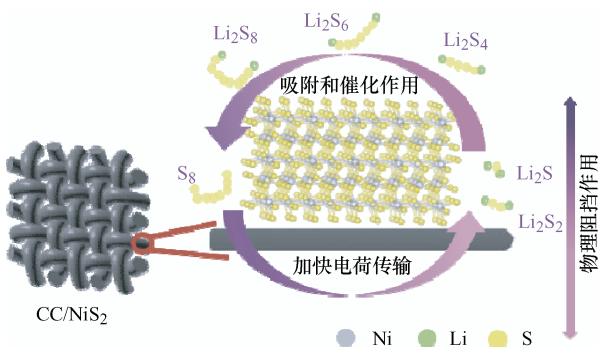
陈鑫阳 姚天浩 王红康



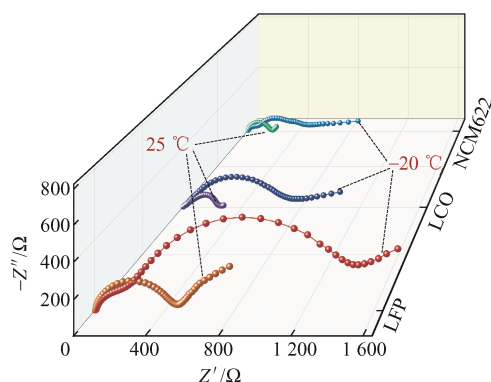
摘要: 锡锑(SnSb)合金材料具有高理论容量、高电导率、低反应电位等优点,是当前研究最为广泛的锂/钠离子电池负极材料之一。然而, SnSb 合金负极材料在嵌脱金属离子过程中巨大的体积效应导致电极材料粉化失活,从而导致其循环性能不尽人意。为了解决上述问题,从结构设计和碳复合材料、三元合金等方面介绍近些年的研究进展,分析现有合成策略的设计方法和作用机理,最后提出 SnSb 合金负极材料在未来研究中的发展方向。

- 12 自支撑 CC/NiS₂ 纳米片中间层制备与锂硫电池性能研究

郝红许俊



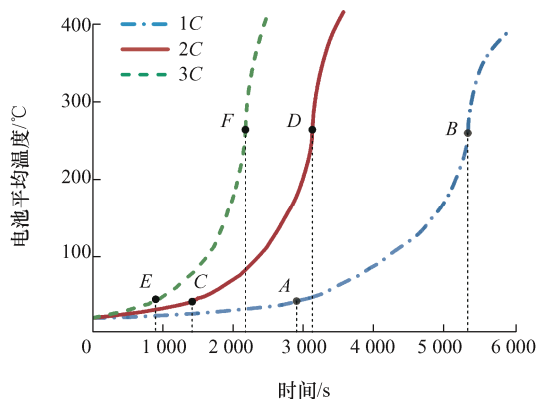
摘要: 多硫离子的穿梭效应是限制锂硫电池发展的一个关键问题。通过水热法和进一步的硫化反应合成了自支撑的碳布/二硫化镍纳米片(CC/NiS₂)复合材料,并将其用作锂硫电池中间层来有效抑制多硫离子的穿梭效应。NiS₂ 纳米片均匀生长在CC 表面,具有较大的比表面积和优异的催化活性,能够显著增强对多硫离子的化学吸附能力并促进电化学反应动力学。相比于碳布(CC)中间层电池,CC/NiS₂ 中间层电池具有明显提高的倍率性能和良好的循环寿命,在 0.5C 下放电的初始比容量为 1254 mA·h·g⁻¹(增加 52%),在 2C 下循环 300 圈后的比容量仍高达 928 mA·h·g⁻¹,容量衰减率仅为每圈 0.015%。



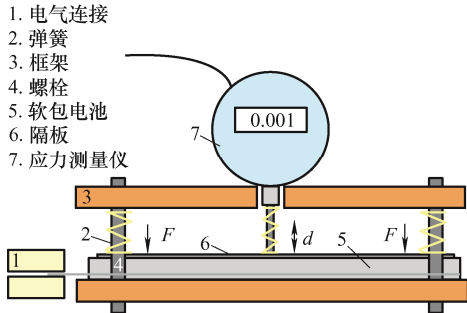
摘要: 锂离子电池凭借其高能量密度、长循环寿命等突出优势被广泛应用于便携式设备、电动汽车以及大规模储能领域。然而,锂离子电池对外界温度敏感,尤其是在较低的工作温度下,能量密度和功率密度急剧下降,这严重限制了其在寒冷地区的应用。为探究锂离子电池在低温环境下的性能衰减机理,选择磷酸铁锂(LiFePO₄)、钴酸锂(LiCoO₂)、层状三元(LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O₂)三种商业化正极材料作为研究对象,结合恒流充放电测试、电化学阻抗测试、恒电流间歇滴定技术以及X射线衍射分析和扫描电子显微镜表征技术,全面系统地比较了三种材料在室温(25 °C)和低温(-20 °C)下的电化学性能。恒流充放电测试结果显示三种正极材料在低温下均会出现比容量明显降低,三元NCM622表现出最佳的低温循环稳定性,在-20 °C循环400圈时容量保持率为95.89%。进一步的交流阻抗测试分析和Li⁺扩散速率计算表明,在低温条件下电解液电导率的降低、正极材料电荷转移阻抗的增加和Li⁺扩散速率下降是导致锂离子电池正极材料低温性能退化的主要原因,该研究为提高锂离子电池的低温性能提供了可行的解决思路。

30 磷酸铁锂储能电池过充热失控仿真研究

于子轩 孟国栋 谢小军 赵勇 成永红

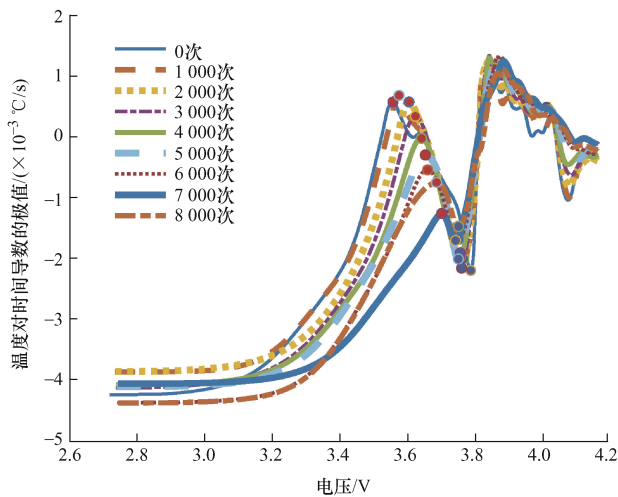


摘要: 锂离子电池的热失控是导致储能电站发生起火或爆炸等安全事故的根本原因,研究锂离子电池热失控的发展规律和本征特性对于电化学储能电站的安全监测和故障预警具有重要意义。建立了磷酸铁锂储能电池在过充条件下的三维电化学-热耦合热失控的仿真模型,通过镀锂动力学方程量化过充负极镀锂量,引入SEI膜生长动力学方程反映镀锂与电解液反应速率,以量化负极镀锂与电解液反应产热,并引入其他副反应产热方程共同研究磷酸铁锂早期过充热失控温度变化及各副反应产热情况。分别研究了不同充电倍率(1C、2C、3C),不同环境温度(20 °C、30 °C、40 °C)下磷酸铁锂早期过充热失控早期负极表面镀锂量变化、热失控温度变化曲线以及各副反应产热变化特性,分析磷酸铁锂早期过充热失控温度发展过程及副反应产热规律。结果表明,负极镀锂与电解液反应作为过充热失控过程最起始的副反应,在电池热失控早期促使了其他副反应的开启,成为过充热失控的起始。本研究可为磷酸铁锂早期过充热失控过程探究提供理论参考。



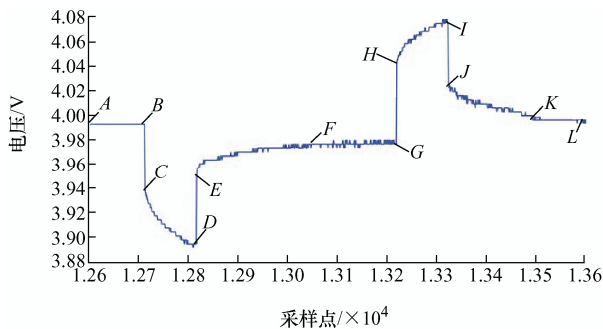
摘要: 实时精准的电池状态估计对锂离子电池高效安全运行尤为重要。以先进感知技术对电池内部特征进行原位在线感知, 可为电池应用提供丰富的数据支撑, 是电池状态估计方法发展的关键。以基于电气测量特征的、基于模型的和基于数据驱动与机器学习的电池状态估计方法作为对比, 辨析基于光纤感知技术、电化学阻抗谱感知技术、机械应变感知技术、声学感知技术的先进智能感知技术原理、应用和优势缺陷, 构建未来智能电池与智能电池管理系统。

58 基于温度变化率曲线的锂离子电池健康状态评估算法

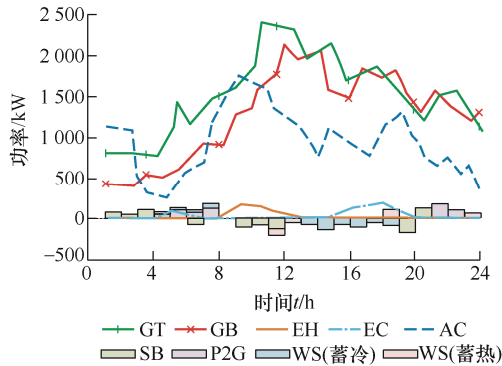


摘要: 锂离子电池技术的日益成熟为新能源发电和电动汽车等产业发展提供了重要支撑作用。锂离子电池采用有机电解液, 发生故障后极易触发电池材料的放热副反应, 导致电池热失控, 最终可能演化成燃烧爆炸等重大事故。电池健康状态(State of health, SOH)是锂离子电池储能系统故障诊断和安全预警的重要参数, 精确估计 SOH 是提升电池系统安全性的有效方法。提出一种基于温度变化率(DT)曲线的锂离子电池健康状态评估算法, 充分提取反映电池健康状态的锂离子电池表面温度信息, 以电池充电过程中的 DT 曲线的极大值点和两极值间的电压差作为电池 SOH 估计的特征量, 进而搭建了基于反向传播(Back propagation, BP)神经网络的 SOH 估计模型。结合试验数据和仿真, 测试结果最终表明, 所提出的方法可有效提升锂离子电池 SOH 的估计精度。

66 基于蒙特卡洛和 SH-AUKF 算法的锂电池 SOC 估计

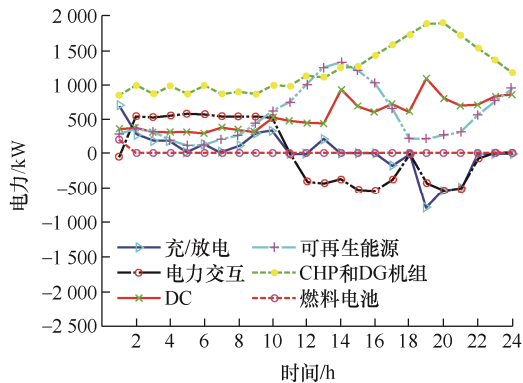


摘要: 针对锂离子电池荷电状态(State of charge, SOC)估计精度低的问题, 将 Sage-Husa 自适应算法与无迹卡尔曼滤波算法相结合, 提出了一种可以对系统噪声进行不断更新和修正的自适应滤波新算法——SH-AUKF 算法。在动态应力测试(Dynamic stress test, DST)工况下, 采用无迹卡尔曼滤波(Unscented Kalman filter, UKF)、自适应无迹卡尔曼滤波(Adaptive unscented Kalman filter, AUKF)和 SH-AUKF 三种算法分别对 SOC 进行估计。结果表明, SH-AUKF 算法估计 SOC 的误差最小, 估计精度最高。与 UKF 相比, SH-AUKF 算法的估计精度提高了 45.4%; 与 AUKF 相比, SH-AUKF 算法的估计精度提高了 14.3%。为了进一步降低噪声干扰的偶然性和突发性对 SOC 估计的影响, 在估计过程中加入了蒙特卡洛采样方法。结果表明, 融合了蒙特卡洛方法的 SH-AUKF 算法估计 SOC 时, 估计误差区间仅为 $\pm 1 \times 10^{-3}$, 有效提高了估计精度。



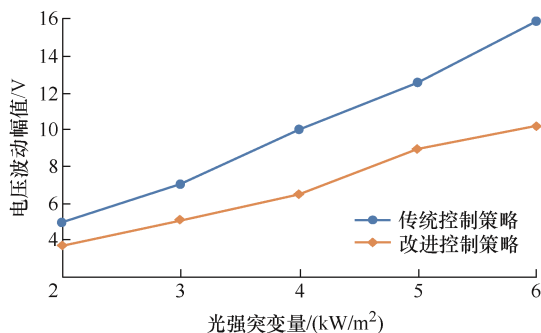
摘要: 针对沿海工业园区及靠岸船舶供电负荷惯性薄弱、需求量波动大、响应性较差等问题,提出一种考虑气热能延迟特性的综合能源系统(Integrated energy system, IES)日前-日内调度策略,实现多能流的解耦与分配。在工业负荷出现波动时,日内调度根据每个时刻预测负荷和日前预测负荷的差值,考虑能流多种转化途径,以优先保持电负荷平衡的情况下最大限度地满足冷热负荷平衡为调度原则,建立能流分配的判断指标,对日前计划进行修正。策略中计及了气热能转换设备出力的延迟特性,在延迟时间内补充了能量损失。通过算例仿真分析,验证了所提复合调度策略能够利用各类能流的耦合互补关系,平抑冷热电负荷波动,减小调度误差,提高综合能源系统的能量利用效率和经济效益。

85 计及电转气和碳捕集的数据中心微电网“源-荷”低碳优化调度方法



摘要: 为促进数据中心多能互补以及低碳化,基于随机规划,提出了考虑电转气和碳捕集的数据中心微电网“源-荷”低碳优化调度模型。模型综合考虑了发电约束、数据负荷约束、电转气系统及碳捕集等约束,在发电侧引入碳捕集电厂-电转气-燃气机组(CCPP-P2G-CHP),将捕集的CO₂作为电转气系统合成甲烷的燃料;在负荷侧考虑即时型和可延迟型两种数据负荷,构建了数据中心功耗和数据负荷分配模型。仿真结果表明,所提模型在考虑碳排放的基础上,通过发电和数据中心数据负荷的优化调度,实现了数据中心微电网运行成本的最小化。

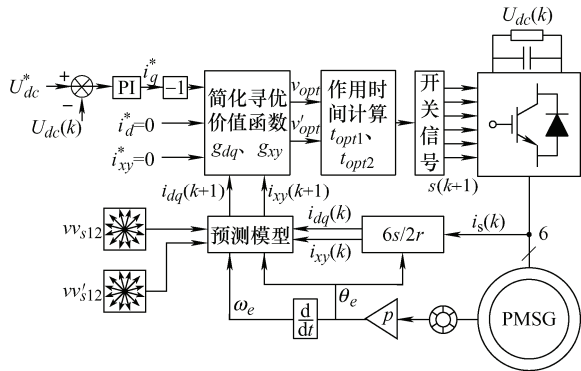
95 基于改进控制策略的交直流独立光储电源系统



摘要: 在电网难以涉及的偏远地区,居民生活及野外工程用电面临巨大挑战。针对上述问题,提出了一种由多端口变换器、光伏板及蓄电池组构成的交直流独立光储电源系统。多端口变换器包括输入端 Boost 升压变换器、储能端双向 Buck-Boost 变换器、交流输出端三相逆变器及直流输出端隔离式 DC/DC 变换器。输入端利用基于占空比扰动的控制策略实现光伏最大功率跟踪(Maximum power tracking, MPPT);隔离式 DC/DC 变换器利用电压闭环的单移相控制实现直流输出 0~200 V;三相逆变器利用电压电流双闭环控制实现三相交流输出 380 V/50 Hz。在储能端的控制策略中,将传统电压电流双闭环控制策略的电流内环改进为功率误差内环,实现对系统有功转移的直接控制。由仿真得出,系统在环境变化和负荷突变下均能实现稳定供电。同时,改进控制策略能有效降低光强突变下直流母线的电压波动幅值和暂态响应时间,在维持系统供电稳定性上更具优越性。

104 双三相永磁同步发电机双子空间模型预测电流控制

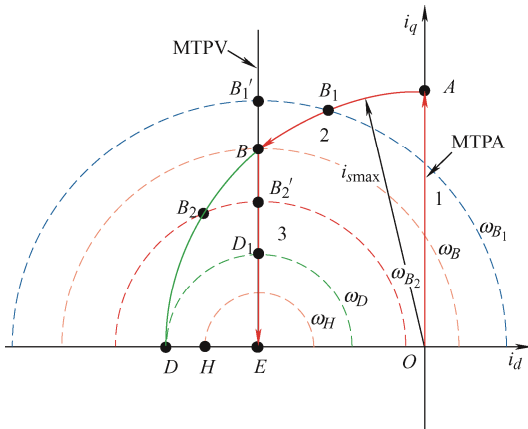
王玉雪 许德志 赵文祥 郝亮 唐红雨



摘要: 模型预测控制因其概念直观、响应迅速和便于处理非线性约束等优势,被广泛应用于多相电机控制系统。但现有的模型预测控制只考虑 α - β 基波子空间的机电能量转换,而未考虑因变流器控制死区和系统非线性因素引起的谐波损耗。针对双三相永磁同步发电机整流系统,提出一种同时考虑 α - β 基波子空间和 x - y 谐波子空间以抑制谐波电流的双子空间多矢量模型预测电流控制策略。在此基础上,在两个子空间引入虚拟矢量占空比优化策略,从而进一步提升稳态控制性能。最后,通过试验验证了所提控制策略的可行性和有效性。

114 基于超前角结合 MTPV 的 SPMSM 复合弱磁控制策略

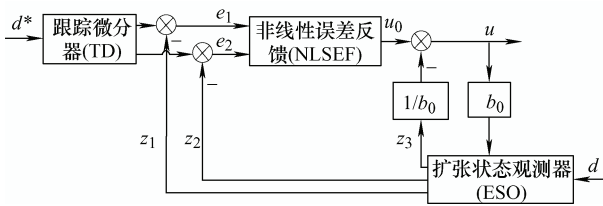
谢明睿 赖纪东 苏建徽 周晨光



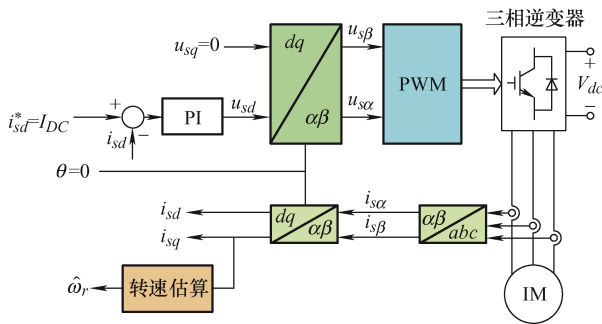
摘要: 表贴式永磁同步电机无限转速系统,恒功率弱磁升速下若要进一步提高转速,需要切换控制策略使其工作于深度弱磁区,切换点准确与否直接影响控制稳定性。首先通过失控分析,明确了恒功率弱磁区到深度弱磁区的最佳切换点,然后基于最佳电流轨迹,提出了一种超前角结合 MTPV 的复合弱磁控制策略,实现了 dq 轴电流同时控制,且控制算法简洁,最后通过仿真和试验验证了控制策略的有效性。

122 基于自抗扰的 H 型平台模糊神经网络同步控制

王丽梅 郝中扬 方馨 张康



摘要: 为减小参数摄动、负载扰动、摩擦力等不确定扰动对 H 型平台中双直线电机位置同步精度的影响,提出一种自抗扰控制器(Active disturbance rejection controller, ADRC)和模糊型 pi-sigma 神经网络同步补偿器相结合的控制方法。采用自抗扰技术来观测未建模扰动和外界扰动,并将这些扰动视为系统的“总扰动”,实时给予补偿,以减小永磁直线同步电机(Permanent magnet linear synchronous motor, PMLSM)伺服系统的位置跟踪误差;同时,针对直驱 H 型平台双轴间的机械耦合和两台电机间参数动态不匹配的影响,采用模糊型 pi-sigma 神经网络同步补偿器以减小直驱 H 型平台的同步误差。最后,通过仿真验证,该控制策略可以有效提高 H 型平台的跟踪精度和同步精度,增强系统的抗扰性。

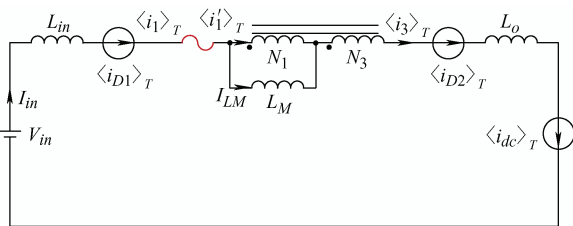


摘要: 在一些特殊应用场合, 在电力中断后旋转感应电机需要采取快速平滑重投方法继续投入运行。采用无速度传感器控制下带速重投时刻需要获取电机初始速度从而完成带速重投过程。为此, 引入单电流闭环直流注入法快速获取感应电机的初始转速。分析了短时电力中断情况下旋转电机特性, 建立了单电流闭环直流注入下旋转电机数学模型, 分析了测量反馈电流频率估算电机转速的方法; 同时研究了从单电流闭环直流注入切换到全阶转速估算的模式切换策略。最后, 通过搭建仿真模型进行验证, 仿真结果验证了基于单电流闭环直流注入带速重投方法的可行性。

/// 电力电子与电力传动 ///

138 新型耦合电感阻抗源逆变器应力简化分析方法

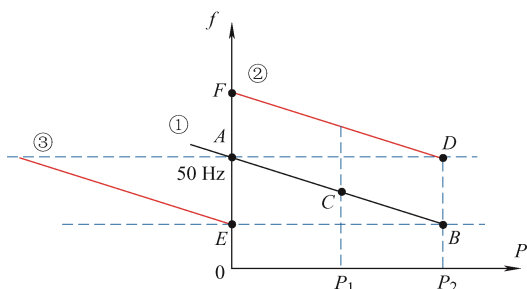
李奕杰 陈良亮 孔庆朝 刘鸿鹏



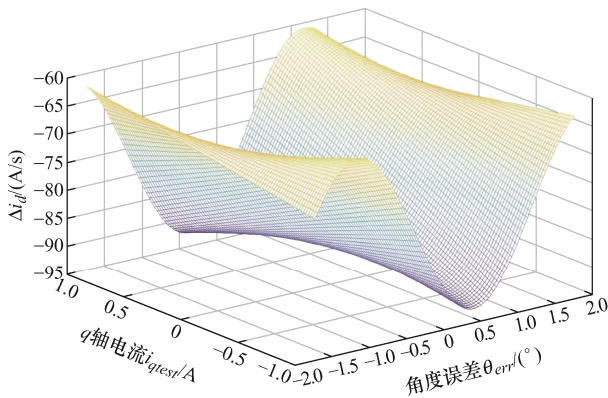
摘要: 耦合电感型阻抗源逆变器含有多个电感和电容, 器件应力分析时通常采用安秒和伏秒平衡计算变换器的状态变量, 计算过程冗长且容易出错。因此, 为了简化电路分析, 提出一种适用于耦合电感型阻抗源逆变器拓扑的无源器件消除方法。通过消除电路中的电容支路或电感支路, 然后在一个开关周期内对电路进行平均化, 根据所获得的等效平均化电路求解电路中电流、电压状态变量, 使得电路的各个状态量之间耦合关系得到简化。为了阐述所提方法的分析过程, 以高压比Y源逆变器为例计算关键元件的电流和电压应力, 并与传统分析方法进行比较。最后, 通过试验验证所提方法的正确性。

147 靠港船舶接入港口岸电时负载转移策略研究

陈建东 叶志浩 黄靖 范娜丽



摘要: 靠港船舶使用港口岸电电源代替船侧发电机为船用负载供电, 可有效减少环境污染。船舶靠港和离港时, 岸电电源与发电机都存在短时并联的过程用来实现船舶负载的平滑转移。针对岸电电源采用传统下垂控制(Droop 控制)实现负载转移时容易出现功率超调而导致船舶发电机逆功率的缺点, 采用虚拟同步发电机(Virtual synchronous generator, VSG)策略对岸电电源进行控制, 并提出二段式负载转移策略使岸电电源能够先与发电机均分负载功率再达到功率指令值, 通过参数优化使负载在转移的过程中不出现功率超调进而提高船舶岸电系统的稳定性。仿真结果表明, 所提策略可以有效解决岸电电源输出功率超调问题且保证了负载转移过程平滑、无冲击, 研究成果可对岸电电源设计提供参考。

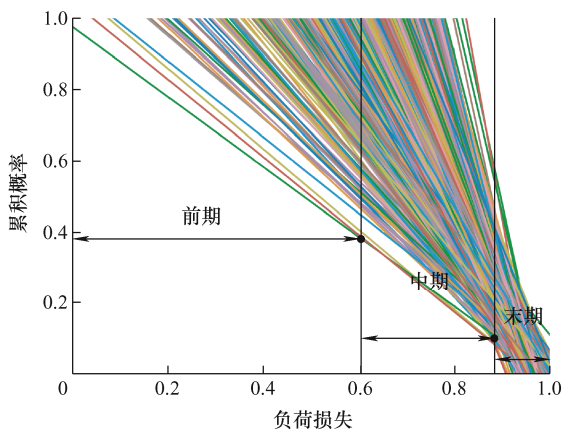


摘要: 针对永磁同步电机低速段无位置传感器控制中,常用的高频注入法由于外加注入信号,带来额外的噪声和损耗问题,实现了一种仅需要检测在零电压矢量作用下的电流导数,便能对电机转子位置进行准确估计的方案。在零电压矢量作用区间内,通过对估计旋转轴系下的永磁同步电机方程进行推导,得出 d 轴电流导数与角度位置的关系。最后,在 Matlab/Simulink 仿真软件环境下对此算法进行验证,仿真结果表明,在带载启动及转速阶跃情况下,此算法能准确快速地估算出电机转子位置,位置误差小于 1° 。

电力系统

162 减小电网信息物理系统停电风险的信息网局部演化模型

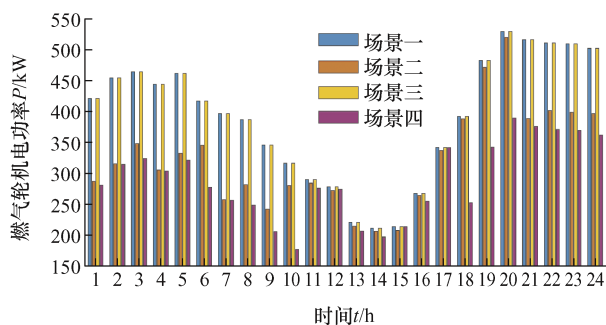
陈 洋 蔡 晔 汤 丽 曹一家 刘 颖



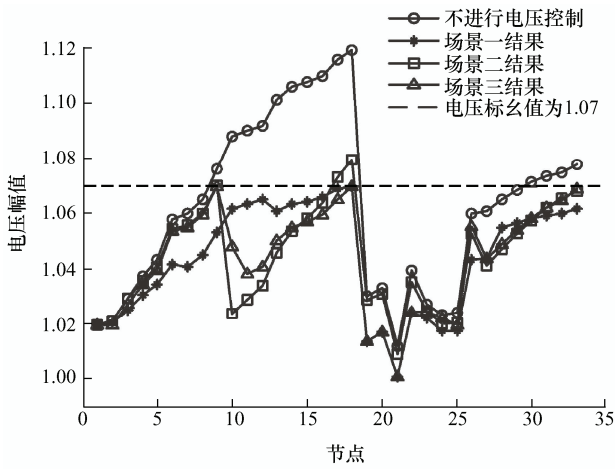
摘要: 电力网络与信息网络深度融合是实现电网完全可观可控的基础,然而实际的电力网络与信息网络并没有形成一一对应关系,所以难以实现电网的全面感知。因此,提出了一种基于电力网络拓扑结构的信息网的局部演化模型,该模型包含信息节点和通信链路的新建与升级改造,其新建节点与链路以生长演化的连接方式接入信息网络。此外,基于部分相依电力信息物理系统连锁故障传播模型,以负荷损失的互补累积概率作为标准,来评价电力网络 and 不同重连概率的信息网络交互作用的可靠性。以某省 220 kV 及以上的电网系统为例来进行仿真分析,验证了信息网局部演化模型的有效性和鲁棒性,并通过构建信息网的局部生长演化模型提高了电网信息物理系统抵御连锁故障的能力。

170 考虑风电消纳的冷热电联供型综合能源系统多目标日前优化调度

陈克文 王 帅 韩兴臣 张智晟

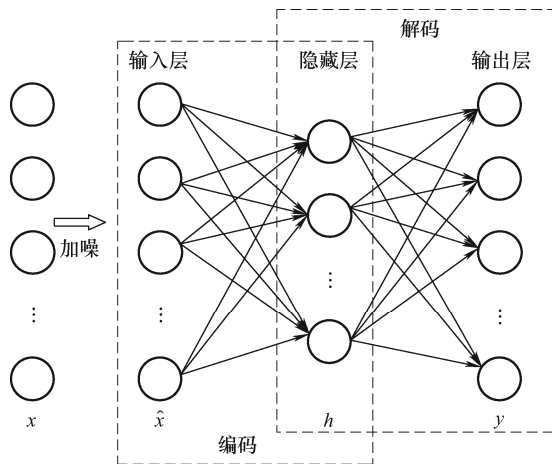


摘要: 冷热电联供系统因其能源利用率高等特点在综合能源系统中得到广泛应用,但是由于其“以热定电”模式的约束,供热和供电不能解耦,使得大量风电难以消纳。针对我国冬季夜间大量风电未被使用的问题,将热泵及电转气装置纳入综合能源系统,研究二者对于消纳风电的作用。以综合能源系统总经济成本、温室气体排放量及净负荷波动最小为目标函数,计及联络线、储能上下限及功率平衡约束条件,采用帕累托多目标粒子群算法对模型进行求解,并设置四种场景,探究不同场景下热泵及电转气对于系统各个方面的影响。仿真分析了加入热泵及电转气装置前后系统的风电消纳及负荷波动情况,验证了所提方法的有效性。

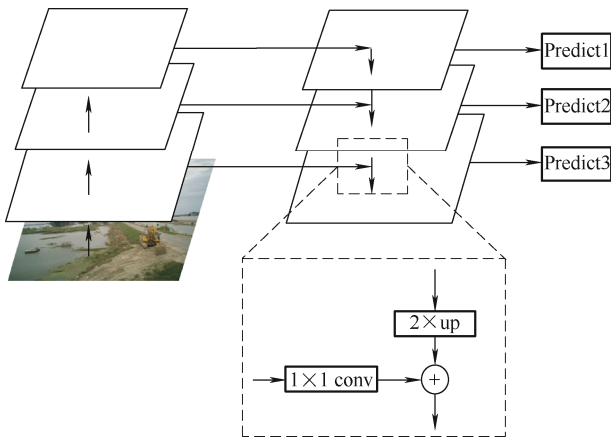


摘要: 针对线路调压器模型引入的非凸性导致分布式算法无法收敛的问题, 提出一种结合交替方向乘子法和分支定界算法的光伏高渗透率配电网分布式电压控制策略。首先, 依据线路调压器位置将配电网划分为多个集群, 各集群以经济性最优为目标消除内部电压越限, 得到局部最优调度方案; 其次, 相邻集群交换边界信息, 利用交替方向乘子法进行集群间协调优化, 通过不断迭代得到满足全局约束的调度方案; 再次, 针对线路调压器引入的非线性整数等式约束, 基于分支定界法将其松弛为线性不等式约束, 得到线路调压器最优档位; 最后, 利用改进的 IEEE 33 节点配电网验证了所提电压控制策略能够充分发挥线路调压器的优势, 有效解决配电网电压越限问题, 促进分布式光伏消纳。

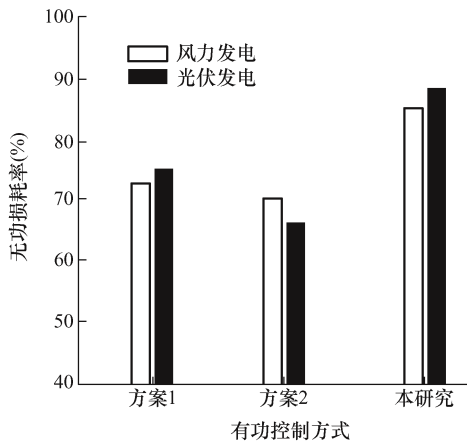
184 基于深度学习 SDAE-BP 的暂降类型识别方法



摘要: 不同短路故障引起的暂降类型不同, 对用户造成的影响也不相同, 准确地识别暂降类型可针对实际的电压暂降情况进行分析、补偿和抑制, 对于电压暂降的治理具有重要的意义, 同时还可作为电力供应部门和用户之间协调纠纷的依据。考虑到实际系统发生短路故障时可能存在相位跳变, 在原有文献短路故障引起的暂降分类基础上, 推导了系统阻抗与线路阻抗的阻抗角不相等情况下短路故障引起的电压暂降类型的表达式并分析了其特征; 为准确识别电压暂降类型, 并避免人为特征提取过程中信息丢失的问题, 提出了一种基于堆栈降噪自编码器-神经网络(Stacked denoised autoencoder-back propagation, SDAE-BP)的暂降类型识别方法, 在输入信号中加入一定概率的噪声, 再通过构建多层降噪自编码器网络(Stacked denoised autoencoder, SDAE)逐层训练, 以最小的误差实现信号的特征提取, 并采用 BP(Back propagation, BP)神经网络对暂降类型进行识别, 通过 Matlab 仿真验证了上述传播特性及电压暂降类型识别方法的正确性。

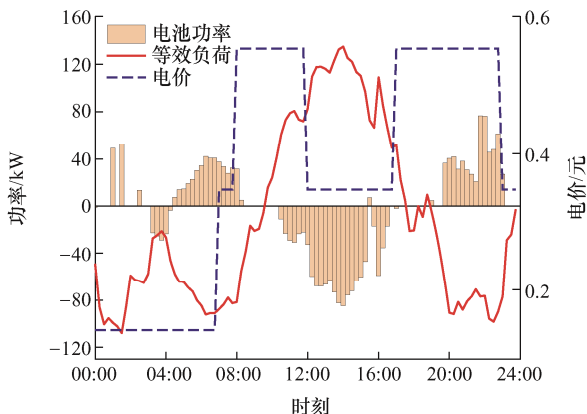


摘要: 针对输电线路横跨地域广, 输电通道中隐患目标多的问题, 提出了输电线路通道可视化分级预警模型。首先改进深度残差网络提取输入图像的多光谱信息, 通过软阈值化来减少噪声影响, 提高输电线路通道场景分析模型的准确度; 然后利用 YOLOv3 目标检测算法构建输电线路通道隐患目标识别模型, 针对隐患中的烟雾、施工车辆目标小的问题, 采用难负样本挖掘策略, 减少图片背景的影响, 再根据输电线路通道的分级预警结构构建分级预警模型。研究表明, 结合场景分析的输电线路通道可视化分级预警模型能够科学、准确地反映出输电线路通道的隐患预警状态, 为输电线路运行维护工作提供指导。

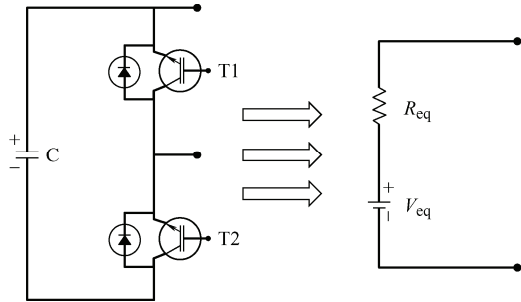


摘要: 针对当前电力资源紧缺、控制力度不佳的问题, 提出新型的风/光伏发电系统有功自动控制方案, 该方案通过时域分析和计及交叉权重校正算法等方法, 大大减少了整个自动控制系统的无功损耗。利用西门子 PLC 对分站进行控制, 能够实时掌握系统运行状态, 通过时域分析解决系统稳定性问题, 利用计及交叉权重校正算法完成风/光伏发电有功控制。最后根据得出的灵敏度数据, 通过 Matlab 仿真对两种有功控制系统进行对比, 发现所提方法比传统方法有功输出高 20% 以上, 增加了风/光伏发电系统在电力市场上的竞争力, 证实了本设计的可行性。

/// 新能源发电与电能存储 ///



摘要: 随着我国“碳达峰”和“碳中和”目标的提出, 以新能源为主的电力系统已经受到了广泛的关注, 风光储微网就是其中的典型场景。研究电池储能的寿命损耗特性, 建立精细的分段线性化电池储能寿命损耗模型。将建立的电池储能寿命损耗模型加入到风光储微网场景中, 考虑储能技术在提高风光资源消纳率以及减少碳排放量方面的作用, 以最小化微网和上级电网交互费用、弃风弃光成本、削负荷成本、碳排放成本以及电池储能寿命损耗成本为目标函数, 对整个风光储微网的随机日前调度模型进行线性化求解。对风光储微网的调度模型算例分析表明, 所提模型可以通过规范电池储能的充放电动作, 有效提高电池的使用寿命以及提高风光储微网的经济性。



摘要: 随着电力电子器件的发展及技术的进步,越来越多的大功率电力电子设备被应用于电力系统柔性直流输电中,以提升电网稳定性和新能源接纳能力,渝鄂柔性直流背靠背联网工程是这一技术的典型应用。但是,由于直流环节和新能源发电过程含有大量的电力电子开关器件和功率模块,为含大规模新能源接入的交直流混合仿真系统分析带来了较大困难。基于数字孪生的概念,将 MMC 子模块等效为电源与其导通电阻的串联。针对渝东北地区交直流混合电网的具体参数和网络结构,考虑近期该区域新能源规划,在分析、预测负荷、新能源出力的基础上,初步建立了一整套含大规模新能源接入的交直流输电系统数字孪生平台,并将平台运行结果与实际运行状态相比较,证明了所提分析架构的实用性和有效性。

- 2 Research Progress in Modification of Tin-antimony Alloy Anode Materials for Lithium/Sodium Ion Batteries**
CHEN Xinyang YAO Tianhao WANG Hongkang
- 12 Synthesis of Self-supported CC/NiS₂ Nanosheet as an Interlayer and Its Performance Research of Lithium-sulfur Battery**
HAO Hong XU Jun
- 19 Study on the Cathode Materials' Deterioration Mechanism for Lithium-ion Batteries at Low Temperature**
QI Siqing SU Linhua FAN Xinyu JIANG Nan WANG Pengfei
- 30 Simulation Research on Overcharge Thermal Runaway of Lithium Iron Phosphate Energy Storage Battery**
YU Zixuan MENG Guodong XIE Xiaojun ZHAO Yong CHENG Yonghong
- 40 Application and Enlightenment of Advanced Sensing Technology in Battery State Estimation**
XU Maoshu SHEN Yi WANG Sheng ZHANG E LI Haomiao ZHOU Min WANG Wei
WANG Kangli JIANG Kai
- 58 Lithium-ion Battery State of Health Assessment Algorithm Based on DT Curve**
DANG Yuemao ZHANG Xuechun XU Chuyi JIANG Quanyuan
- 66 SOC Estimation of Lithium Battery Based on Monte Carlo and SH-AUKF Algorithm**
WU Chunling CHENG Yanqing XU Xianfeng MENG Jinhao XIE Meimei
- 76 Self-allocation Strategy of Internal Energy Flow in Integrated Energy System Considering the Delay Characteristics of Gas and Heating Energy**
DUAN Ke WANG Wei CAO Weijie JI Zhenya LI Na
- 85 "Source-load" Low-carbon Optimal Scheduling Method for Data Center Microgrids Considering Power to Gas and Carbon Capture**
TIAN Ming ZHANG Haifeng LIU Kun
- 95 AC-DC Independent Optical Storage Power System Based on Improved Control Strategy**
XIONG Liying HE Xiaoqiong HAN Pengcheng GONG Zi WANG Zhuoran
- 104 Dual Subspace Duty Cycle Model Predictive Current Control for Dual Three-phase Permanent Magnet Synchronous Generator**
WANG Yuxue XU Dezhi ZHAO Wenxiang HAO Liang TANG Hongyu
- 114 A SPMSM Hybrid Flux-weakening Control Strategy Based on Lead Angle Combined with MTPV**
XIE Mingrui LAI Jidong SU Jianhui ZHOU Chenguang
- 122 Fuzzy Neural Network Synchronous Control of H-type Platform Based on Active Disturbance Rejection**
WANG Limei HAO Zhongyang FANG Xin ZHANG Kang

- 130 Study on the Restarting Method of Induction Motor under Speed-sensorless Control**
YIN Shaobo
- 138 A Simplified Stress Analysis Method for Coupled-inductor Impedance-source Inverters**
LI Yijie CHEN Liangliang KONG Qingchao LIU Hongpeng
- 147 Research on Load Transfer Strategy When Berthing Ships Connecting to Shore-to-ship Power Supply**
CHEN Jiandong YE Zhihao HUANG Jing FAN Nali
- 154 Sensorless Control of PMSM Based on Non-injection Method in Low Speed Domain**
XIE Mansha LI Ping ZHAO Feng XIAO Huiwen LIAN Guangkun
- 162 Information Network Local Evolution Model for Reducing Outage Risk of Power Grid Cyber-physical System**
CHEN Yang CAI Ye TANG Li CAO Yijia LIU Ying
- 170 Multi-objective Day-ahead Optimization Scheduling of Integrated Energy System with CCHP Considering Wind Power Consumption**
CHEN Kewen WANG Shuai HAN Xingchen ZHANG Zhisheng
- 177 Voltage Control Strategy for Distribution Network with Photovoltaic High-penetration Considering Step Voltage Regulator**
FENG Xue DANG Dongsheng ZHANG Kun TIAN Xing QU Gaoqiang
- 184 Method of Sag Type Recognition Based on Deep Learning SDAE-BP**
ZHANG Jinluan DENG Zuqiang ZHANG Xin WANG Liang
- 194 Research on Visual Hierarchical Early Warning of Transmission Line Channel Combined with Scene Analysis**
WU Yongquan ZHANG Siwei PENG Chong JIAO Liangbao PU Dong
- 203 Active Power Automatic Control of Wind/Photovoltaic System in Electricity Market**
ZHANG Jingzhong PANG Tao LIU Yifeng ZHANG Xiaobai YU Changhai LI Tong
- 210 Stochastic Day-ahead Scheduling Optimization for Wind-PV-ES Microgrid Considering Battery Life Loss**
ZHAO Yi FANG Chen FENG Donghan LI Hengjie SHI Shanshan ZHOU Yun
- 219 Architecture Design of Digital Twin Platform for AC & DC Transmission System with Large Scale New Energy**
ZHOU Jingsen WEI Jinxiao XIE Gangwen RAN Li ZHANG Youqiang HU Jiayu