

“新型电力系统关键技术:广义负荷智能认知与高效调控”专辑

特约主编寄语

“传统负荷”是指电力系统中难以计数的用电设备的总和,纯粹消耗功率而且不具备可控性。“广义负荷”是指一个变电站供电范围内所有电气设备的总和,包括传统负荷、新型负荷、分布式电源和分布式储能等,其功率由纯粹被动消耗变为具有一定的双向性和可控性。

2021年10月,国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》提出“构建新能源占比逐渐提高的新型电力系统,推动清洁电力资源大范围优化配置”,拉开了建设新型电力系统的序幕。展望未来,新型电力系统面临的挑战与机遇并存。一方面,受端城市电网空心化,输电系统故障后出现大功率缺额,需要挖掘本地灵活性资源参与电网调控,否则将会严重威胁受端电网的运行安全;另一方面,分布式新能源发电、新型可控负荷、虚拟电厂等广义负荷集群蓬勃发展,成为电网调控的潜在灵活性资源。为此,面向国家“双碳”能源战略和新型电力系统发展的需求,认知、分析、调度和控制这些潜在资源,提高电网的运行效率和安全水平,是迫切需要研究的重要问题。

为了进一步对新型电力系统开展深入研究,尤其是针对新形势下负荷的认知与调控技术探讨,《电力自动化设备》邀请我共同策划组织了“新型电力系统关键技术:广义负荷智能认知与高效调控”专辑。自专辑征稿启事发布后,得到了学术界和产业界的积极响应,共收到百余篇饱含真知灼见的稿件。经编辑部组织专家进行严格评审,最终确定将34篇论文收入本专辑,涵盖了广义负荷的等值建模与智能认知、响应特性与聚合运营、多元互动与优化调控等方面的内容。

◆ 广义负荷等值建模与智能认知

四川大学肖先勇教授等基于低频采样数据提出了一种基于模体挖掘与调和函数半监督学习的非侵入式负荷监测方法;云南电网有限责任公司电力科学研究院孟贤高工等提出了一种基于实测数据跳变及稳态点的负荷模型参数辨识方法,通过直接计算跳变及稳态点的功率值而避免了传统方法所需的暂态过程;昆明理工大学沈赋讲师等分别建立了考虑和忽略电压相角变化的综合负荷广义离散等值模型,并分析了模型参

数与电力系统各元件的内在联系以及各模型系数间的物理特性;河海大学潘学萍教授等针对双馈风电机组、直驱永磁风电机组和光伏电源模型结构的共性,构建了可描述多类型分布式新能源机组动态特性的通用模型,并提出了多激励影响下分布式新能源机组低电压有功/无功管理以及电流限幅等非线性环节的非机理等值建模新方法;国网江苏省电力有限公司经济技术研究院吴晨高工、华北电力大学王剑晓讲师等在考虑多元负荷相关性的基础上,提出了一种基于多任务学习和长短时记忆网络的多元负荷预测方法,通过利用多个专家子网和门控单元实现了共享信息的合理分配;上海电力大学崔昊杨教授、江友华教授等提出了一种将电流序列编码为图像的二维可视化方法,通过计算机视觉技术实现了负荷的分类识别;华北电力大学宋亚奇讲师等通过对经典滑动窗方法进行改进,提出了一种投票方差方法,可用于非侵入式负荷监测场景下的事件检测;浙江大学吴浩副教授等综合考虑了负荷的波动特性和时间滞后特性,提出了一种快速动态时间弯曲和最小覆盖球相结合的多日负荷曲线聚类方法;四川大学汪颖教授、胡文曦助理研究员等从兼顾准确性与计算效率的角度出发,提出了一种考虑信息动态表达的异常用电模式识别云边协同方法;浙江大学李知艺研究员等针对云计算中潜藏的用电负荷数据泄露问题,提出了一种基于时序生成对抗网络的用电负荷数据脱敏方法,通过使用满足差分隐私的合成数据替代原始敏感数据,能有效阻止攻击者通过窃取训练数据推断敏感负荷信息。

◆ 广义负荷响应特性与聚合运营

武汉大学徐箭教授、孙元章教授等在计及分布式发用电单元功率预测不确定性和激励型需求响应资源功率调节能力的基础上,提出了一种广义负荷参与日前电力现货市场竞价的方法,并构建了相应的市场出清模型;东南大学李扬教授等采用随机参数刻画了用户响应行为的差异性,并提出了一种计及用户需求响应不确定性的虚拟电厂分布鲁棒优化模型;浙江大学林振智教授、杨莉副教授等针对用电容量大且负荷规律性

强的工业用户,提出了一种基于高斯过程回归的需求响应潜力评估方法,并以实际需求响应数据为例验证了其有效性;新疆大学樊艳芳教授等通过考虑外部环境因素及可再生能源自身潜力,提出了一种考虑可再生能源可靠性的虚拟电厂动态聚合方法;东北电力大学崔杨教授等分析了当前出清方式与补偿机制下电动汽车参与调频辅助服务市场的市场竞争力,并提出了一种考虑替代效应的调频资源报价修正方式;中国电力科学研究院有限公司周竞高工等从交易规则编制的关键要素出发,探讨了大规模可调节负荷参与电力辅助服务市场面临的挑战和关键技术;长安大学代亮副教授、秦雯讲师等针对自供给模式下电动汽车换电站的供需平衡问题,提出了一种动态定价策略,旨在满足换电站服务质量水平约束的前提下最大化换电站的运营效益;东北电力大学曲朝阳教授等针对电动汽车用户响应充放电电价时存在的不确定行为,提出了一种计及用户响应电价关联与多主体共赢的电动汽车充放电定价优化方法;国网浙江省电力有限公司电力科学研究院李志浩博士等采用基于力学映射模型的多阶段弹性评估模型量化了需求响应的优化配置对配电网弹性的提升效果,并通过遗传算法求解了该非线性优化问题;上海交通大学顾洁副教授等提出了一种考虑负荷裕度的区域综合能源系统储能双层优化配置方法,可实现综合能源系统中负荷裕度的有效均衡。

◆ 广义负荷多元互动与优化调控

西安交通大学陈晨教授、别朝红教授等结合新兴的动态微电网技术,提出了一种考虑分布式新能源动态不确定性的配电网灾后时序负荷恢复方法;东北电力大学严干贵教授、杨玉龙副教授等针对风电功率预测偏差消纳问题,构建了一种电采暖负荷群响应风电预测偏差功率的轮流调控响应策略;中国电力科学研究院有限公司李亚平高工、杨胜春高工等引入新一代人工智能中的群体智能思想,融合多类型、分布式、柔性资源的不同运行特征,提出了一种分布式柔性资源有功平衡调度架构;天津大学王守相教授等采用区间数学和仿射数学量化了多元不确定性因素与电压灵敏度间的映射关系,并结合随机场景模拟法提出了一种针对配电网分布式电源接纳能力的不确定性分析方法;天津大学张芳副研究员等将风电的非参数概率预测结果应用于电力系统日前调度中,构建了基于概率优化方法的电力系统源荷储日前概率优化调度模型;中国石油大学

王艳松教授等针对大规模光伏发电的调峰问题,探讨了油田综合能源系统中含光伏的热电厂和需求响应协同调峰的能力;华中科技大学莫莉副教授、周建中教授等针对新能源预测偏差导致水电频繁调整出力的情况,提出了一种考虑负荷频繁波动的梯级水电站实时调度策略;智能电网保护和运行控制国家重点实验室宋晓芳教授级高工、河海大学周海强教授等在考虑源荷预测误差区间不确定性的基础上,建立了一种计及频率安全约束的电力系统优化调度模型;浙江大学/河海大学鞠平教授等提出了一种考虑天然气供气约束和净负荷预测误差的电-气综合能源系统调度策略,旨在解决净负荷预测误差下供气流量频繁变动、难以进行运营管理的问题;东北电力大学刘钺副教授、蔡国伟教授等针对系统在振荡过程中出现的小干扰稳定问题,提出了一种基于负荷模式能量的电力系统低频振荡调控策略;华北电力大学周一辰讲师、李永刚教授等建立了基于事件触发控制的时滞电力系统负荷频率控制动态模型,并提出了一种基于事件触发通信和输出反馈的负荷频率控制器协同设计方案;南京邮电大学徐俊俊讲师等在考虑需求侧用户响应成本与满意度的基础上,利用事件触发机制驱动的分层分区协调思想提出了一种有源配电网精准切负荷方法;国网河北省电力有限公司王光华高工等提出了一种基于深度强化学习的配电网负荷转供控制方法,能自适应配电网拓扑变化的不确定性;河海大学秦川副教授等在频率安全分段控制框架下,分别提出了毫秒级负荷控制和秒级/分钟级负荷控制的用户侧轮次切负荷协调优化策略。

由于篇幅、主题以及稿件处理周期等限制,本专辑收入的论文只是广义负荷智能认知与高效调控等领域的一个缩影。期望广大读者能够从中获得启发,推动广义负荷研究的发展。部分高水平稿件未能收入本专辑中,希望能够得到所有为本专辑撰稿的作者和广大读者的理解。

衷心感谢各位专家学者对本专辑的大力支持;感谢《电力自动化设备》编辑部为本专辑的选题、策划、组织和出版所做的大量工作;感谢本专辑的各位评审专家的客观、公正评审。最后,衷心希望广义负荷智能认知与高效调控等领域的研究能引发学术界与工业界更广泛的关注和讨论。

利平

2022年6月16日