

高比例新能源接入的主动配电网能量规划研究

(国网吉林省电力有限公司长春供电公司,吉林省长春市,130000) 陈乃新 丁傲 李海明

姜超 于波 高健 闫宇

摘要 “十四五”规划和2035年远景目标纲要草案中,我国明确提出要构建以新能源为主体的新型电力系统,推动能源清洁低碳安全高效利用。同时,国家能源局也提出“十四五”期间要全面推进配电网智能化建设,促进传统配电网向主动配电网转型。基于此,本文对高比例新能源接入主动配电网能量规划的影响进行了总结,对高比例新能源接入主动配电网能量规划模型的构建进行了分析。试验结果表明:所设计的模型能使高比例新能源接入主动配电网的运行状态达到最佳,主动配电网能量规划效果较好。

关键词 新能源;主动配电网;规划;状态

中图分类号:V242.3 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2024)04-0071-03

当前,随着高比例新能源的接入,我国传统配电网面临着新能源和负荷规模不断扩大,电网结构日益复杂等问题^[1]。传统配电系统规划主要是基于静态安全约束条件进行,而随着新能源接入、分布式电源大规模并网、需求侧响应等新兴技术的发展,传统配电系统规划面临着诸多挑战^[2]。主动配电网是指在传统配电网基础上,通过应用智能控制和先进的信息通信技术,实现对配电网的柔性控制、协调优化以及安全运行的新一代配电网^[3]。主动配电网规划是实现主动配电网功能的前提和基础,主动配电网规划涉及到大量的不确定性因素,需要对配电网规划进行重点规划^[4]。因此,对高比例新能源接入主动配电网进行规划研究具有重要的意义。

1 高比例新能源对主动配电网能量规划的影响分析

随着分布式发电的快速发展,高比例新能源接入对配电网能量规划的影响是多方面的。一方面,高比例分布式电源在新能源接入背景下,配电网中的常规电源将向多能互补转变,为新能源提供调峰、调频、备用等多种辅助服务。另一方面,以风电、太阳能等高比例新能源接入背景下,配电网将

向主动配电网转变,以实现负荷削峰填谷、主动调峰、主动事故防御等功能^[5]。另外,在分布式电源和储能不断发展的背景下,主动配电网将具有更多的互动和参与方式。随着分布式电源的快速发展和大规模接入,主动配电网规划中将会出现更多的不确定性因素,对规划方案造成很大影响。因此在开展主动配电网能量规划时需要充分考虑高比例新能源接入带来的影响,优化配电网规划方案。

2 高比例新能源接入的主动配电网能量规划模型构建

高比例新能源接入主动配电网后要提高能量利用效率,重点在于考虑分布式电源的位置和配电网容量许可等问题。基于此,以分布式电源位置和容量作为约束条件,发挥电池储能系统的最佳状态,构建主动配电网能量规划方案。高比例新能源接入配电网后,基于最佳分布式电源位置和容量的主动配电网能量规划模型如下式所示:

$$m z_1 = \left\{ \begin{array}{l} w_1 \cdot \sum_{ij \in \Omega_{ij}} g_{ij} \cdot (V_i^2 + V_j^2 - 2 \cdot V_i \cdot V_j \cdot \cos(\theta_i - \theta_j)) \\ + w_2 \cdot \sum_{i \in \Omega_i} (V_i - V_{ref})^2 + w_3 \cdot P_i^{GD} \cdot CGD_i \end{array} \right\} \quad (1)$$

其中约束为:

$$P_i^{GC} + P_i^{GD} - P_i^D = V_i \cdot \sum_{j \in \Omega_i} V_j \cdot Y_{ij} \cdot \cos(\theta_i - \theta_j + \delta_{ij}) \quad (\forall i \in \Omega_i) \quad (2)$$

$$Q_i^{GC} - Q_i^D = V_i \cdot \sum_{j \in \Omega_i} V_j \cdot Y_{ij} \cdot \sin(\theta_i - \theta_j + \delta_{ij}) \quad (\forall i \in \Omega_i) \quad (3)$$

$$V^{\min} \leq V_i \leq V^{\max} \quad (\forall i \in \Omega_N) \quad (4)$$

$$P_{GC}^{\min} \leq P_i^{GC} \leq P_{GC}^{\max} \quad (\forall i \in \Omega_{GC}) \quad (5)$$

$$P_{GD}^{\min} \leq P_i^{GD} \leq P_{GD}^{\max} \quad (\forall i \in \Omega_{GD}) \quad (6)$$

$$Q_{GC}^{\min} \leq Q_i^{GC} \leq Q_{GC}^{\max} \quad (\forall i \in \Omega_{GC}) \quad (7)$$

作者简介:陈乃新(1994~),男,汉族,吉林长春人,硕士研究生,工程师,研究方向:电网规划。

表1 接入分布式电源电池储能系统对主动配电网能量规划的影响

场景	成本(百万元)			损失(Mw·h)	二次电压 偏差(%)	配电网中是否接入分布式电源 和电池储能系统
1	0	0	0	2.02	1.22	无分布式电源和电池储能系统
2	0	2.79	2.79	1.19	0.51	无电池储能系统,接入分布式电源
3	4.53	2.79	7.33	0.98	0.34	接入电池储能系统和分布式电源

表2 不同UEL要求下的配电网能量规划成本比较(元)

方法	UEL≤3.30GW	UEL≤0.30GW	UEL≤0.04GW
所提方法	7.21×10 ⁶	7.34×10 ⁶	7.57×10 ⁶
文献 ^[3]	8.08×10 ⁶	8.58×10 ⁶	9.12×10 ⁶
文献 ^[4]	8.36×10 ⁶	8.88×10 ⁶	9.62×10 ⁶

$$Q_{GD}^{\min} \leq Q_i^{GD} \leq Q_{GD}^{\max} \quad (\forall i \in \Omega_{GD}) \quad (8)$$

式中, z_1 -- 目标函数, w_1 -- 电网功率损耗在 z_1 中的权重, Ω_{ij} -- 配电网(distribution network, DN)所有线路的集合, g_{ij} -- i 与 j 节点之间的线路电导(1/欧姆), V_i -- 节点 i 电压(kV), V_j -- 节点 j 电压(kV), θ_i -- 节点 i 的电压角, θ_j -- 节点 j 的电压角, w_2 -- 电压偏差在 z_1 中的权重, w_3 -- DGs成本在 z_1 中的权重, Ω_i -- DN所有节点的集合, V_{ref} -- DN的参考电压(kV), P_i^{GD} -- 连接节点 i 的分布式发电机发电有功功率(MW), CGD_i -- 安装DGs的成本(元/MW), P_i^{GC} -- 连接节点 i 的常规发电机有功功率(MW), P_i^D -- 节点 i 所需有功功率(MW), Y_{ij} -- 节点 i 和 j 之间线路的导纳(1/欧姆), δ_{ij} -- 节点 i 和 j 之间线路的导纳角, Q_i^{GC} -- 连接到节点 i 的常规发电机无功功率(MVAr), Q_i^D -- 节点 i 所需无功功率(MVAr), V^{\min} -- 节点 i 的最小允许电压(kV), V^{\max} -- 节点 i 的最大允许电压(kV), P_{GC}^{\max} -- 连接节点 i 的常规发电机有功功率上限(MW), P_{GC}^{\min} -- 连接节点 i 的常规发电机有功功率下限(MW), P_{GD}^{\max} -- 连接节点 i 的分布式发电机有功功率上限(MW), P_{GD}^{\min} -- 连接节点 i 的分布式发电机有功功率下限(MW), Q_{GC}^{\max} -- 连接到节点 i 的常规发电机无功功率上限(MVAr), Q_{GC}^{\min} -- 连接到节点 i 的常规发电机无功功率下限(MVAr), Q_{GD}^{\max} -- 连接节点 i 的分布式发电机无功功率上限(MVAr), Q_{GD}^{\min} -- 连接节点 i 的分布式发电机无功功率下限(MVAr),

Ω_{GC} -- 存在常规发电的所有节点的集合, Ω_{GD} -- 接入分布式发电机的所有节点的集合。

目标函数式(1)由线路损耗(第一项)、电压偏差(量化为均方误差的近似值)(第二项)和安装分布式发电的成本(第三项)的加权和组成。加权因子 w_1 、 w_2 和 w_3 用于确保式(1)中的三项的量级具有可比性。约束由式(2)至式(8)组成。式(2)和式(3)表示系统每个节点有功和无功功率的平衡。式(4)考虑了节点电压的允许限值。式(5)至式(8)是连接到DN的每个节点的分布式发电机的有功和无功发电的运行极限。

3 主动配电网能量规划效果分析

3.1 高比例新能源接入对能量规划效果的影响分析

为分析高比例新能源接入对主动配电网能量规划的影响,考虑了3个场景。场景1:基本场景,未接入分布式电源和电池储能系统。场景2:接入分布式电源。场景3:接入分布式电源和电池储能系统。不同场景下分布式电源并网对主动配电网能量规划的影响如表1所示。与场景1相比,场景2(接入分布式电源)中的配电网减少了41%的线路损耗和57.93%的电压平方误差,案例3中的配电网能量损失降低了51.30%、电压平方误差降低了72.16%。以上结果表明,所提方法通过在配电网中接入分布式电源和电池储能系统并优化它们在配电网中的位置、容量和运行状态等,可显著降低配电网能量规划过程中的能量损失和电压偏差。

3.2 与已有方法的配电网能量规划效果对比

为验证所提出的主动配电网能量规划方法的有效性,将所提方法与文献^[3]和文献^[4]中方法进行了对比,不同能量水平(UEL, Unserved energy level)下的主动配电网能量规划成本对比结果如表2所示。

由表2可知,在同样的能量水平要求下,所提方法比文献^[3]和文献^[4]中方法更加经济,该对比结果充分说明了所提方法的有效性。

4 结语

综上所述,对高比例新能源接入的主动配电网能量规划进行了分析,构建了高比例新能源接入的主动配电网能量规划模型,对主动配电网能量规划效果进行了分析。试验结果表明,所提方案可显著降低配电网能量规划过程中的能量损失和电压偏差,经济效益明显。未来,随着新能源和负荷预测精度不断提升,新能源将在未来配电系统中占据主导地位。高比例新能源接入主动配电网的场景会

越来越多,需要考虑的因素也将越多,以后将从对生态环境的影响、收益比等方面进行重点研究。

参考文献

[1] 宁超,张峰,李卫华,等.基于空间负荷布局的低碳主动配电网扩展规划研究[J].电网与清洁能源,2020,36(09):37-42.

[2] 屈高强,王诚良,靳盘龙,等.新型负荷及分布式电源接入配电网承载能力综合评估[J].电测与仪表,2019,56(19):37-45+113.

[3] 何昭辉,曹锐,周成,等.计及时空相关性的分布式风电接入配电网风险评估[J].电力建设,2021,42(07):127-136.

[4] 林铭蓉,胡志坚,高明鑫,等.考虑需求响应和电动汽车负荷路-电耦合特性的配电网可靠性评估[J].电力建设,2021,42(06):86-95.

[5] 苗友忠,李顺昕,雷为民,等.考虑用户负荷类型的含分布式电源的配电网可靠性评估[J].电力科学与技术学报,2020,35(02):93-99.

我国科学家解析痕迹型恐惧关联学习的神经机制

现实生活中,人们时常需要将前后间隔发生的事件进行关联,形成联合型情景记忆,帮助人们根据先前信息预测后续事件并做出行为反应。在神经科学研究中,常用痕迹型条件恐惧行为范式(TFC)探究这种不连续事件关联学习的神经机制。基于TFC逻辑的行为范式常用于神经退行性疾病的认知测试以及情绪异常的精神疾病研究,因而探索其背后的神经机制对相关领域的理解和应用具有重要的参考作用。

近日,中国科学院脑智卓越中心研究团队在《Cell Reports》期刊发表了题为“Learning-prolonged maintenance of stimulus information in CA1 and Subiculum during trace fear conditioning”的研究论文。

现有研究表明,条件性刺激CS(如声音)和非条件性反射刺激US(如疼痛电击)之间存在一段几秒到几十秒的时间间隔,这段间隔被称为痕迹,痕迹越长,关联学习的难度越大。研究团队利用神经环路示踪和光遗传行为学等方法,结合自由移动头戴式钙成像技术,分别在海马脑区(CA1)和下托脑区(Sub)全程记录了兴奋性神经元在TFC行为训练当中的神经活动。研究发现,光遗传学抑制CA1投射到Sub的神经末梢,阻碍了CS与US的关联学习。研究人员分析CA1和Sub神经元在外界刺激信息结束后的信息维持能力发现,CA1和Sub的神经元在CS结束后均有延续性的神经活动,这可能是海马脑区维持短时记忆信息的基本表现特征;与Sub神经元相比,CA1神经元对恐惧记忆的储存起到更大的贡献作用。

该研究揭示了海马脑区CA1-Sub环路在不连续事件关联学习中的重要作用和神经环路机制,丰富了学习与记忆研究的生物学基础理论。

(摘自科技部网站:https://www.most.gov.cn/gnwkjdt/202311/t20231117_188837.html)