

基于贝叶斯云模型的虚拟电厂运营风险综合评价简析

邢智杰

上海电力大学 上海

【摘要】为了降低虚拟电厂运营期间风险事件的发生概率，文章以贝叶斯云模型作为基础，针对虚拟电厂的运营风险综合评价进行研究以及分析。在简单分析目前虚拟电厂运营风险综合评价以及管理原则和重要意义的基础上，探讨了虚拟电厂运营风险的评价指标体系，并基于贝叶斯云模型形成了较为完善的评价体系以及相关模型，最终通过分析发现在虚拟电厂的运营期间，运行风险、经济风险、安全风险和管理风险始终存在，并且运行风险和经济风险的发生概率以及影响相对较高，需要根据实际的外在环境变化及时处理风险因素。

【关键词】虚拟电厂；贝叶斯云模型；运营风险评价

【收稿日期】2025 年 5 月 14 日

【出刊日期】2025 年 6 月 5 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250261

Analysis of comprehensive evaluation of operational risks in virtual power plants based on Bayesian cloud model

Zhijie Xing

Shanghai University of Electric Power, Shanghai

【Abstract】In order to further reduce the probability of risk events during the operation of virtual power plants, this article uses Bayesian cloud model as the basis to study and analyze the comprehensive evaluation of operational risks in virtual power plants. On the basis of a simple analysis of the comprehensive evaluation and management principles of operational risks in virtual power plants, this paper explores the evaluation index system of operational risks in virtual power plants. Based on the Bayesian cloud model, a relatively complete evaluation system and related models are formed. Finally, through analysis, it is found that operational risks, economic risks, safety risks, and management risks always exist during the operation of virtual power plants, and the probability and impact of operational and economic risks are relatively high. Risk factors need to be dealt with in a timely manner according to actual external environmental changes.

【Keywords】Virtual power plant; Bayesian cloud model; Operational risk assessment

引言

在我国电力事业智能化转型发展的过程中，基于新一代信息技术，整合分布式风电、分布式光伏、电动汽车等能源所形成的电厂便是虚拟电厂，能够在电力市场和电网运行期间发挥相应的作用，有效维持电网的稳定性，提高系统运行的灵活性。但实际上，在目前虚拟电厂日常运行的过程中，分布式能源的不确定性、安全性、经济性这类风险事件始终存在，对虚拟电厂运行的安全性以及经济效益都会产生十分明显的影响。在电力系统风险评价的过程中，除了最为基础的模糊综合评价法、灰色关联度等方法之外，云模型评价方法也逐渐得到推广和使用。能够在建立完善风险评估指标体系的前提下，综合使用层次分析法以及熵权法进

行赋权，使得赋权合理度明显提升。为此，文章以贝叶斯云模型作为基础，针对虚拟电厂的运营风险综合评价体系进行研究以及分析，为虚拟电厂运营风险评估、管理提供参考。

1 虚拟电厂运营风险综合评价基本原则以及价值

1.1 原则

第一，全面性原则。正因为与传统电厂相比，虚拟电厂的能源结构存在明显的差异，在传统的运营风险评价指标体系中，煤耗率这类指标适用性相对较差。为此，在今后的风险评估过程中，需要针对虚拟电厂的运行经济、安全、管理等多个层面进行研究以及分析，确保形成的风险指标评价体系能够满足不同层面的发展需求，针对虚拟电厂的运营工作进行调整以及优化，全

面提高其管理工作质量和效率^[1]。第二，专业性原则。因为虚拟电厂的诞生时间相对较短，并且在持续发展的过程中，对于技术方面也提出了明确的要求。在这种状况下，虚拟电厂的运营风险评价也需要在专业性原则的指引下，利用各种现代化模型以及相关技术针对运营风险评价指标体系的赋值进行调整以及优化，确保形成的风险评估体系符合虚拟电厂运行需求，针对虚拟电厂运营风险进行调整以及优化，以此提高虚拟电厂的运行安全性以及运行质量。

1.2 价值

与传统的电厂能源结构相比，虚拟电厂存在明显的差异，这也代表在运营风险评估的过程中无法使用煤炭消耗率这类传统指标^[2]。随着贝叶斯云模型这类技术的应用，虚拟电厂的运营风险评价指标体系能够变得越发完善，能够根据其功能特征，在维护虚拟电厂安全、稳定运行的前提下，就其经济性以及市场经济的具体要求进行研究和分析，最终形成完善的评估框架。这也代表在运营风险评估、管理的过程中，管理人员能够获得更加完善的数据支持，根据虚拟电厂的运行状况，分析目前运行的经济性以及存在的潜在故障事件，第一时间给出处理对策，以此提高虚拟电厂运行的安全性，避免频繁出现各种风险事件，从而提高虚拟电厂运行的经济性。

2 虚拟电厂运营的风险指标评价体系分析

随着虚拟电厂的建设以及发展，能源结构出现了明显的变化，煤耗率这类在传统电厂中使用的评价指标已经不再适用。从计算方法层面看来，传统的风险评价指标始终是以水火电机组作为核心，需要在获取各种机组设备运行数据的前提下进行统计分析。虚拟电厂在建设发展过程中所使用的电源种类数量相对较多，无法针对模型进行统一，这也代表传统体系中的计算方法适用性相对较差^[3]。目前已有的可再生能源并网在评价过程中，缺乏相应的全面性指标，为此需要根据虚拟电厂的具体特点，在维持虚拟电厂安全稳定运行的前提下，结合经济性以及生产运行等方面的要求，形成较为完善的风险评价指标体系框架，具体如图1所示。同时，相关人员需要在综合分析评价指标体系目的性、完整性、动态性、显著性等要求的前提下，建立包括运行、经济、安全、管理等在内的综合指标评价体系^[4]。在虚拟电厂运行的过程中，对其安全性和稳定性产生最为显著影响的风险因素，便是管理风险，并且与其他风险评价指标相比，属于典型的定性指标，可以利用专家评定方法对于目前的风险状况进行评估，具体的指

标体系组成如图1所示。

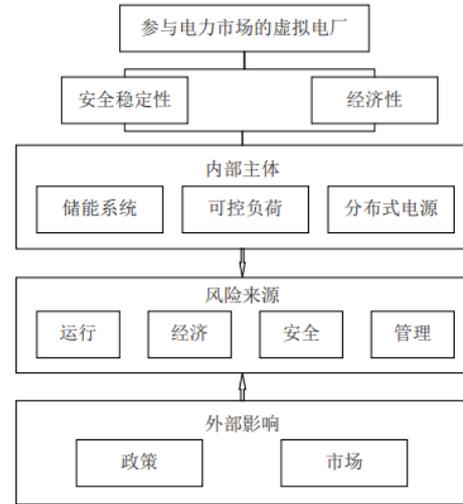


图1 虚拟电厂风险评价基础框架

3 基于贝叶斯云模型的虚拟电厂风险评价指标体系

3.1 模型基础理论

这类云模型可以通过使用期望、熵、超熵三个数字特征刻画不同概念的模糊性以及随机性。期望作为整个概念的核心也是其中最具代表性的数值，熵则是能够针对概念的模糊程度进行评价，其数值与概念的模糊程度之间有着明显的正相关关系^[5]。超熵则是能够客观反映云滴的离散水平，云滴实际上便是所形成的具备波动性以及随机性的各种数据组，超熵数据越大，代表概念隶属度的随机性也会有所提升^[6]。

云模型在进行定性和定量概念相互转换的过程中，云发生器也是其中的主要映射，可以使用正向云发生器完成定性和定量概念之间的转化，并结合数据特征值最终形成运动状态的多个云滴。在这个过程中，能够针对概念转换期间的随机性进行展示。逆向云发生器则是能够在二者转化的过程中促进概念外延以及内涵之间的转化，借此有效地展示概念转化过程中的模糊性。

在虚拟电厂针对运营风险建立评价指标体系的过程中，需要根据专家评价针对不同指标的等级隶属度进行计算，以此为基础针对标准云模型的不同等级进行对比以及分析，使用云图方法针对不同指标的风险程度进行展示，以此实现定性定量指标转换的目标。

3.2 贝叶斯云模型分析

为了保障在虚拟电厂运营风险评估期间能够有效地表达正态云的不确定信息，并且保证在多种信息融合之后能够有效进行处理，可以选择使用贝叶斯反馈

修正结果,使得云模型的随机性和不确定性能控制在合理的范围内。

在数字特征计算期间,需要使用如下公式

$$E_x = (l+n)/2 \quad (1)$$

$$E_n = \frac{n-l}{6} \quad (2)$$

$$H_e = k \quad (3)$$

公式中 l 、 n 则是评价指标中的上下限数值, k 则是代表常数,可以结合具体指标的随机性和模糊性两项参数进行调整。

在此之后,相关人员可以借助正向云发生器针对期望、熵和超熵三个数据进行多个云滴的转化,最终形成相应的云。从目前的概率密度函数可以与数据中心极限定理最终确定不同的云滴样本。同时,可以分析标准正态分布状态下的双侧位百分点,避免样本过分离散,全面提高评估预测结果的精确性。为了保证经过筛选之后的云滴聚集程度能够符合现有标准的要求,相关人员需要在科学设定云滴样本均值的前提下,根据专家的指导进行修正^[7]。在不满足相关标准要求的前提下,可以通过适当的修改对应的数值,确保筛选样本的聚集度,能够不断提升,二次开展样本的筛选和检验工作,直至满足相关的标准。

3.3 综合云算法

在针对虚拟现场的风险评价体系进行调整时,二级和一级的虚拟指标也需要进行调整。考虑到目前的各项基层指标保持独立发展状态,可以使用浮动云方法针对次高级的特征值进行计算。虚拟电厂运营风险评价体系中的多个二级指标之间有着明显的正向关系,同样可以使用综合云方法针对特征数据进行计算,最终可以得出一级指标的特征数值^[8]。

随后,需要使用对应的 AHP-OWA 赋权法,针对所形成的虚拟电厂评价指标体系中的一级评价指标进行赋权处理,在针对不同指标进行两两比较之后,得出的判断矩阵一致性比率小于 0.1,代表完全符合一致性检验的标准要求。在此之后,需要利用赋权方法针对权重较重的数值进行弱化调整,确保二项式的系数能够与初始权重数据进行组合调整。在通过综合云计算方法后,便可以得出不同虚拟指标以及虚拟电厂运营风险评价指标的具体特征,根据不同指标特征数值进行总评价云图绘制后,最终可以发现运行风险中的设备风险数据相对越低,经济风险则是以可再生能源发电

系统风险得分相对较低,安全和管理风险则分别以数据安全风险以及内外部风险得分相对较低,需要针对不同风险得分相对较低的指标重点进行关注以及筛查。

4 总结

总体看来,目前的虚拟电厂在能源结构方面出现了明显的变化,这也代表传统的风险评价指标体系适用性较差,需要在综合分析运行的稳定性、经济性以及外界市场环境政策等因素的前提下。建立全新的风险安全评价指标体系。相关人员可以结合贝叶斯云模型在综合分析评价指标模糊性的前提下进行反馈修正,以此实现不同评价指标定性定量之间的相互转化,并使用云发生器针对评价的随机性进行传递以及展示,利用云图针对虚拟电厂的运营风险结果进行评价,最终可以发现目前虚拟银行在运行期间更加需要关注战略风险以及内外风险等方面的管理,安全风险的表现较为优秀,可以根据目前的经济状况持续进行调整以及优化。

参考文献

- [1] 郁海彬,卢闻州,唐亮,等.考虑风险偏好的多主体虚拟电厂经济调度与收益分配策略[J].综合智慧能源,2024,46(06):66-77.
- [2] 窦梦园.含虚拟电厂的电力系统优化运行方法研究[D].华北电力大学(北京),2024.
- [3] 冯淑贤.能源互联网下虚拟电厂运营风险评价及管控模型研究[D].华北电力大学(北京),2024.
- [4] 侯琳娜,蒙莹枝,苏菊宁,等.虚拟电厂运营风险评价研究[J].价格理论与实践,2023,(06):156-161.
- [5] 曾鸣,潘婷,贺薪颖,等.基于贝叶斯反馈修正云模型的虚拟电厂运营风险综合评价方法[J].现代电力,2023,40(05):715-723.
- [6] 唐佳圆,赵文彬,卢武,等.考虑风险分摊的多主体交易及利润分配方法[J].电气传动,2022,52(15):38-45.
- [7] 蒙莹枝.SX 电力公司虚拟电厂运营风险识别与评价研究[D].西安理工大学,2021.
- [8] 刘沅.气电耦合虚拟电厂运营优化及风险评价模型研究[D].华北电力大学(北京),2021.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

