

储能测试与评价



模糊综合评价法的储能系统性能评估

申合帅

(郑州财税金融职业学院, 河南 郑州 450048)

摘 要: 储能系统性能评估对于储能系统的开发和运行具有重要作用, 但是其性能涉及多维度指标且部分指标存在模糊特征, 传统的单一性评价技术已经难以满足现代储能系统的高精度评估的需求。对此, 本文分析了模糊综合评价法在储能系统性能评估中的应用, 首先综述了模糊评价法的核心理论, 然后详细论述了评估指标体系, 最后梳理了完成的储能系统评估流程。

关键词: 模糊评价; 储能系统; 指标; 电力

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2026.0510

中图分类号: TM 732

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2026) 06-2418-03

Performance evaluation of energy storage system using fuzzy comprehensive evaluation method

SHEN Heshuai

(Zhengzhou Vocational College of Finance and Taxation, Zhengzhou 450048, Henan, China)

Abstract: The performance evaluation of energy storage systems plays a crucial role in their development and operation. However, its performance involves multi-dimensional indicators, and some of these indicators exhibit fuzzy characteristics. Therefore, traditional single-dimensional evaluation strategies have become difficult to achieve high-precision evaluation of modern energy storage systems. In response, this paper analyzes the application of fuzzy comprehensive evaluation method in the performance evaluation of energy storage systems. Firstly, the core theory of fuzzy evaluation method is summarized. Then, the evaluation indicator system is discussed in detail. Finally, the completed evaluation process of energy storage systems is outlined.

Keywords: fuzzy evaluation; energy storage system; index; electric power

目前, 储能系统性能的综合评估涉及核心技术、经济性、安全性、环保性等各个维度。传统的单一评价体系已经难以实现对现代化储能系统的全面精准评估, 更无法为储能系统的后续优化工作提供技术指标层次的指导。模糊综合评价法主要应用于存在多模糊因素或者多维度指标对象的综合评

价, 结合层次分析概念(AHP)可以针对储能系统的复杂性和多样性进行科学有效的评估。对此, 研究以模糊评价法为核心, 对模糊评价法在储能系统评估中的应用情况进行理论综述, 包括核心理论内容、指标体系建立、评估流程优化等, 为储能系统的性能评估提供重要的研究策略^[1]。

收稿日期: 2026-06-10; 修改稿日期: 2026-06-16。

作者简介: 申合帅(1981—), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为最优化理论及其应用, E-mail: shen13598062519@163.com。

引用本文: 申合帅. 模糊综合评价法的储能系统性能评估[J]. 储能科学与技术, 2026, 15(6): 2418-2420.

Citation: SHEN Heshuai. Performance evaluation of energy storage system using fuzzy comprehensive evaluation method[J]. Energy Storage Science and Technology, 2026, 15(6): 2418-2420.

1 模糊综合评价核心理论

1.1 储能系统性能相关理论综述

储能系统作为电能储存与释放的核心设备，其综合性能表现和日常应用实际效果可以从技术、经济、安全、环境四个核心维度进行评判。这四个维度自身也存在一定关联性和影响性，同时构建了对储能系统性能的评估框架。

技术维度是整个储能系统的核心，可以直接反映系统的日常运行效率与工作稳定性。已知的核心指标包括能量效率、循环寿命、功率密度和核心响应速度等。经济维度主要衡量储能系统能否适应市场环境需求，具有推广的可行性与经济性，其核心指标包括投资成本、运行维护成本、生命周期成本等。其中，投资成本就是项目在初始阶段的总投入量，一般会直接决定后续发展的可能性。运行维护成本则主要影响储能系统的长期运营经济性，全生命周期成本会直接反映整个系统从初始立项到项目结束的经济压力；安全维度和环境维度是储能系统是否可以长期运行的客观因素。其中安全维度的评价指标主要包括工作温度情况、充放电故障期间的安全防护能力、故障发生概率等。而环境维度则主要契合了我国可持续发展低碳环保的绿色发展理念，主要包括污染物排放、资源回收利用率等^[2]。

1.2 模糊综合评价法

模糊评价综合法的核心理论，就是将传统定性的模糊指标，转化为一种定量的分析公式，通过量化分析公式的结果导向，就可以将传统的多因素模糊评价问题明确化。在储能系统应用中，许多指标都存在一定的模糊特征。例如常见的系统安全防护能力、环境影响程度等。这些指标以传统的分析方法难以进行具体的数据量化，也就无法做到精确衡量。模糊评价法则可以通过引入模糊集合理论，将传统的存在模糊性的指标进一步科学量化，从而实现了对复杂对象的多维度综合评价^[3]。

1.3 AHP法核心论述

在模糊综合评价中，需要对不同指标进行赋权，权重的分配结果直接影响评估结果的最终准确度。层级分析（AHP）法最重要的作用就是辅助赋权，通过科学分配各项指标的权重，降低因为主观评价因素产生的权重分配问题，确保所有的权重分配具有合理性和科学依据。理论核心主要包括，用

于评价的判断矩阵、一致性检验公式、权重计算公式。其中，判断矩阵一般需要以行业内专家或者先进研究理论为主，采用1-9标度法，对各类指标完成重要性筛选评分，构建完整的判断依据；一致性检验主要是为了判断所有矩阵的合理性，避免出现评判逻辑问题，确保综合结果的科学性。一般以 $CR < 0.1$ 作为判别标准。

2 储能系统性能评估指标

2.1 指标体系构建原则

模糊综合评价分析储能系统性能，首先需要构建相应的指标体系，这是评估工作的核心环节。指标体系的科学合理性，直接决定了评估结果的可靠性，所以需要进一步遵循科学性、可操作性和独立性三个核心原则。科学性原则主要是需要保证指标选取符合储能系统的核心性能特征，指标定义明确，相关计算方法正确可行，可以真实地反映储能系统的操作水平。可操作性原则主要要求指标获取的便捷性。不论是实测数据还是行业内部统计数据，都需要确保指标数值的稳定获取渠道，确保后续评估工作可以稳定顺利地开展。独立性原则就是要求不同指标之间相互独立，避免出现指标重复交叉，确保每一个单独的指标都能反映储能系统的核心指标特征，避免重复性指标导致的结果偏差。

2.2 评估指标的量化

指标量化就是基础性指标经过统一的标准，进行数值处理，确保各个指标可以在统一的维度下进行综合评价。其中定量指标需要标明分级制度，具体可以结合电力行业和储能系统的实际运用情况，将各个指标量化为不同的等级。所有等级都需要明确的数据范围，保证所有指标的量化具有明确依据。部分定性指标可以采用简单量化标准，例如通过实际表现进行打分，从而将定性指标改造成定量数值。

3 模糊综合评价评估储能系统流程

3.1 明确评估对象和评价集合

明确评估储能系统的具体类型和应用场景，是展开性能评估的前提。通过上述信息，可以进一步提高储能系统评估的针对性。以锂离子电池储能系统为例，该储能系统主要应用于工商业场景，一般需要其削峰填谷，保证电力系统的安全稳定和一定

能耗,这类应用情况的具体化可以为后续指标数据选取提供明确方向。评价因素集的确定需要基于预设的储能系统性能评估体系,即从技术、经济、安全、环境角度分析核心指标。指标的选取需要综合考量所有方向的指标数据,确保指标的全面性和针对性。评估集的确定则需要结合系统的真实性能与储能行业的标准规范进行,设定对应的评估范围等级。

3.2 基于AHP法进行指标权重计算

在确定指标后,需要进一步量化指标权重。AHP法计算权重一般会采用层次结构模型建立目标、准则、指标三层关系公式。其中,目标层是储能系统最终的性能输出情况,准则层为各个维度指标的综合应用、指标层是具体各个维度的核心指标。基于三层关系公式,可以构建判断矩阵。为了保证矩阵的权威性,一般需要结合储能技术领域的重要研究理论和现阶段市场常规应用下的储能系统实际性能特征,通过1-9的标度法,判定各个层级的量化分级,然后统一建立判断矩阵,确保半段矩阵可以真实反映各个指标的重要性。

其中,一致性检验是对矩阵合理性检测的重要措施,一般是先计算判定矩阵的最大特征值和特征向量,然后计算一致性指标CI和不一致性比例CR。如果CR值小于0.1则可以认为判断矩阵具有一致性,符合检验标准。反之则需要重新调整判断矩阵。在通过一致性检验后,就需要对特征向量进行归一化处理,即可获取不同指标的权重向量。该向量可以明确各个准则层指标的相对重要性,从而为后续模糊合成运算提供数据依据。

3.3 模糊关系矩阵构建

建立模糊关系矩阵主要是为后续模糊合成运算提供数据支撑,构建的关键是计算不同评价指标对应的隶属度。对于定量指标,主要是以三角形隶属度函数进行数据计算,然后结合定量指标的级别划分标准,确定各个指标在不同评价体系下的隶属度表达公式,最后将各实测数据代入隶属度函数中,计算得到最终的指标隶属度数值。而对于定性指标,可以采用积分法计算隶属度。根据指标的实际表现,对各定性指标以及其权重进行隶属度打分,计算得到该指标下不同评语等级隶属度,最终完成整合,构建模糊关系矩阵。矩阵的各个元素代表着对应指标的评估隶属程度,完整的关系矩阵可以确

保全面反映各个指标的模糊评价情况。

3.4 模糊合成运算与结果

根据储能系统的评估需求,模糊综合评价一般采用加权平均型合成算子,这类算子可以进一步考虑储能系统各项指标权重,同时兼顾指标隶属度,避免出现单一指标对最终结果的高度影响,确保评估结果可以多角度反映储能系统的最终性能情况。模糊合成运算的核心就是通过计算权重向量,然后构建模糊关系矩阵,进行后续矩阵运算。最终,模糊合成运算可以得到综合评价向量,需要将所有向量归一化处理,方便后续判定储能系统的性能等级。此外,归一化处理需要采用线性归一方程,将评价向量中的各个元素除以元素之和,获取归一化后的综合评价向量,然后基于最大隶属度原则,判断储能系统的综合性能等级,同时结合元素分布数值,对储能系统的性能进行分析,实现性能判定。

4 结 语

随着现代电力产业与新能源技术的不断发展,储能系统在未来电力系统以及相关产业的应用前景将会非常可观。对其性能的准确评估,是开发后续产业的前提。研究以模糊综合评价法为核心,重点论述了其在电力储能系统性能评估中的应用。总的来看,虽然新能源电力储能系统的开发还将面临许多挑战,但是通过相关计算革新和政策保证,未来的储能系统开发将会不断发展。

参 考 文 献

- [1] 邱伟强,王茂春,林振智,等."双碳"目标下面向新能源消纳场景的共享储能综合评价[J]. 电力自动化设备, 2021, 41(10): 244-255.
QIU W Q, WANG M C, LIN Z Z, et al. Comprehensive evaluation of shared energy storage towards new energy accommodation scenario under targets of carbon emission peak and carbon neutrality[J]. Electric Power Automation Equipment, 2021, 41(10): 244-255.
- [2] 颜湘武,赵帅帅,董清,等.电动汽车充电机性能综合评估[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(1): 164-171.
- [3] 骆跃军,漆小玲,汪鹏,等.影响电力结构的能源技术研判——基于层次分析与模糊综合评价法[J]. 科技管理研究, 2020, 40(20): 50-57. DOI:10.3969/j.issn.1000-7695.2020.20.008.
LUO Y J, QI X L, WANG P, et al. Study on energy technologies affecting power structures: Based on AHP and fuzzy comprehensive evaluation[J]. Science and Technology Management Research, 2020, 40(20): 50-57. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7695.2020.20.008.