



电力操作系统断路器储能电机的运行监控技术

赵丽萍, 何 黎, 李蕊睿, 王岩鹏, 孙丽娜

(国网冀北电力有限公司张家口供电公司, 河北 张家口 075000)

摘 要: 目前国内智能化电站数量激增, 断路器可视化需求紧迫。但是因为其经常处于高频启动和强磁环境下, 很容易出现储能问题, 进而引发电网故障。对此, 本文首先梳理了近代断路器储能电机监控技术的发展脉络, 详细分析了各类监控方法的优缺点, 然后分析总结了监控电气参数和机械参数, 包括各类参数的监测方法, 最后综述了基于三层两网体系的储能电机监控设备结构。通过分析研究可以肯定, 高效可靠的监控技术可以有效捕捉储能电机的运行问题, 实现故障预警, 对电网电力系统的稳定发展具有重要意义。

关键词: 电网; 断路器; 储能设备; 监控

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2026.0667

中图分类号: TM 93

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2026) 08-3222-03

Operation monitoring technology for the energy storage motor of circuit breakers in power operation systems

ZHAO Liping, HE Li, LI Ruirui, WANG Yanpeng, SUN Lina

(State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd., Zhangjiakou Power Supply Company, Zhangjiakou 075000, Hebei, China)

Abstract: Currently, the number of intelligent power stations in China has surged, and the demand for circuit breaker visualization is urgent. However, due to its frequent exposure to high-frequency start-up and strong magnetic environments, it is prone to energy storage problems, which can lead to power grid failures. In this regard, the study first sorted out the development of modern circuit breaker energy storage motor monitoring technology, analyzed in detail the advantages and disadvantages of various monitoring methods, then analyzed and summarized the monitoring of electrical and mechanical parameters, including monitoring methods for various parameters, and finally summarized the structure of energy storage motor monitoring equipment based on a three-layer two network system. Through analysis and research, it can be confirmed that efficient and reliable monitoring technology can effectively capture the operation problems of energy storage motors, achieve fault warning, and have important significance for the stable development of the power grid system.

Keywords: power grid; circuit breaker; energy storage equipment; monitoring

收稿日期: 2026-07-30。

第一作者及通信联系人: 赵丽萍 (1973—), 女, 正高级工程师, 研究方向为配电系统运行管理、配电自动化、数字化配电网及配电地理信息系统功能拓展, E-mail: ZHAOLp2026@126.com。

引用本文: 赵丽萍, 何黎, 李蕊睿, 等. 电力操作系统断路器储能电机的运行监控技术[J]. 储能科学与技术, 2026, 15(8): 3222-3224.

Citation: ZHAO Liping, HE Li, LI Ruirui, et al. Operation monitoring technology for the energy storage motor of circuit breakers in power operation systems[J]. Energy Storage Science and Technology, 2026, 15(8): 3222-3224.

断路器作为电力系统的核心控制开关，具有不可忽视的作用。目前，国内变电站电力系统已经开始要求断路器实现状态可视化，而断路器储能电机作为断路器的动力源，其运行状态直接影响整个断路器的运行可靠性。由此可见，对断路器储能电机运行状态监控技术的开发显得尤为重要。通过研究可知，断路器储能电机由于长期处于高频启停和强磁干扰状态，很容易出现储能失常、合闸失灵等问题，进而引发大规模电网故障。因此，研究高效可靠的断路器储能电机运行监控技术，对电力系统稳定运行和后续升级具有重要意义^[1]。

1 断路器储能电机监控技术类型

1.1 单一参数监控

单一参数监控是最传统的监控方式，该方式主要基于储能电机的感知层结构，通过数据分析模块，实现参数监控。该技术成本低廉，相关造价较低，常应用于中低压储能电机中，但是存在明显的技术局限性^[2]。

单一参数监控本质上是一种电流监控法，即通过电流传感器或者指针式电流表采集定子电流数据，然后基于固定阈值实现温度过载、短路等初步故障问题。但是整体识别精度较低，同时无法识别轻微故障，固定阈值模式适应性较低，很难在大规模电力系统中应用。此外，单一参数监控很依赖人工参与，运维人员需要经常进行巡检操作或者定期到现场勘查监控数据，实时检查电机状态，但整体运维效率较低，人力劳动强度较高，且容易出现人工失误，无法快速识别，已经不符合未来电力系统智能化升级要求。

1.2 智能传感监控

智能传感监控是当前断路器储能电机监控技术的研究热门，主要是依托储能电机数据传输和多参数融合技术，通过无线传输实现分布式监控。其核心技术包括无线传感监控技术、光纤传感监控技术，多传感融合监控技术三类。其中无线传感监控技术主要需要通过无线传感器，进行数据监控，一般需要集成多类传感器。在获取传感数据以后，通过 ZigBee、LoRa 等无线通信协议，实现数据的传输。

光纤传感监控则主要依托于光纤传感器的电磁干扰抗性，可以实现高温环境下的远距离数据传

输，且具有高水平测量精度的优势。多传感融合监控技术的应用主要是解决传统单一监控的局限性，它可以通过集成电气，机械储能的传感器设备，结合卡尔曼滤波以及神经网络综合算法，对多源数据进行分析处理，更适用于低压断路器储能电机的故障监控。

2 断路器储能电机监控参数

2.1 电气参数

电气参数可以直接反映储能电机的性能，是故障识别的基础数据。主要的电气参数有定子电流、绕组温度、绝缘电压等。在实际监控中，一般会采用精度在 0.5 级以内的霍尔电流传感器，完成数据采集。这种传感器的响应时间一般小于 20 毫秒，采样频率为 500 Hz。通过实时捕捉电流值数据，波形变化率以及精准识别率，可以进一步分析出过载、绕组短路以及转子断条等故障问题。

绕组温度会影响电机绝缘性能与后续的使用情况，是提高电热失效防控能力的关键参数数据。目前大多数监控会选择 PTC 热敏电阻或 PT100 铂电阻传感器监测，传感器需要与储能电机绕组内部直接连通，或者贴合表面，量程覆盖 -40~200℃，测量精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，设定 130℃ 预警阈值、150℃ 强制停机阈值。当绕组温度过高，或者超过预警阈值时，系统就会发出预警信息，处理层发出控制指令，这样就可以有效规避绝缘老化和绕组被毁等风险。

2.2 机械参数

机械参数主要用于评估储能设备的机械结构状态，包括转速、振动信号以及储能行程等。转速类参数监测故障关联要求如下：符合霍尔传感器工作需求，采用光电编码器，编码器分辨率需要大于等于 0.1 mm，采样频率为 100 Hz。振动信号可以直接反映电机机械故障的核心问题，在设计时会将传感器固定在电机壳体上，采样频率一般超过 1000 Hz，最高可以达到 5000 Hz。

储能行程用于监测储能机构的位置状态与储能进度，采用多级行程检测装置或双霍尔传感器，替代传统机械式限位开关，监测误差控制在 $\pm 0.5\text{ mm}$ 以内，采样频率为 50~100 Hz，实现储能机构位置的实时连续监测，消除传统限位开关离散反馈、反馈滞后的弊端。当储能行程超过设定阈值时，判

断为储能过载,及时切断电机电源;当行程变化速率异常时,识别为储能机构卡涩、弹簧损坏等故障,发出相应预警。

3 断路器储能电机监控结构

3.1 断路器在线监测设备

断路器在线监测设备的核心监测参数较多,最重要的有:断路器分合闸线圈电流、储能电机电流、三相主回路电流以及动触头行程特征与辅助接点状态等。在对储能设备分合闸电流进行监测时,因为储能设备内部电流无法直接通过监测传感器,所以一般会将霍尔电流传感器的测量孔径连通断路器线圈以下,这样就可以通过断路器快速获取分合闸线圈电流。而在对储能设备行程时间数据进行监测时,因为数据对象为非电量,无法直接处理信号,所以一般会额外增设一个光电式编码器,将非电量转化为电信号,再进行分析测算。此外,储能电机电流和三相电流数据监控分析也需要对应编码器,转化电信号和霍尔传感器的辅助。

目前大多数电力操作系统断路器都有对应的传感器,所以储能电机监控的信号处理单元和数据诊断单元可以直接应用传感器信号。其中,数据处理单元的信号分析会集成在电网控制层的智能分析软件中,这部分内容一般会与储能电机的分析模块链接。

3.2 储能设备IED

储能设备监测IED一般会设置在设备间隔层,用于实时接收设备监控后台分析给出的控制指令,并通过CAN总线将命令发送给设备监控装置。一般的储能设备在接收到命令后,会将信息发送给IED,IED可以对数据进行解析,转化成IEC 61850协议,然后上传给上一级的监控后台专家软件,从功能上来看,整个储能设备IED的核心功能包括:

(1) 协调。主要接收储能设备监测数据以及整个断路器在线电力数据,并实时传输后台专家软件命令。

(2) 传输。储能设备IED负责在线监测储能系统的中控层和间隔层,并进行数据信息的分析传输,实现数据同步和监测采样。

(3) 瞬时数据提取。目前,储能设备IED中都会配置向前特征向量提取传感器和算法分析,例如

提取电流瞬时数据,分合闸速度数据等。

3.3 储能系统专家软件

储能系统专家软件一般设置在站控层,属于电力系统后台监控分析模块的延伸。其核心功能就是将储能设备处理计算的数据通过动态曲线,生成信息日志,然后集中分析。目前,曲线信息波形主要有线圈电流波形、行程数据波形和储能电流波形等。专家软件,可以通过不同的波形曲线,分析特征参数并结合历史波形进行比对,同时实现对储能设备的评估。

储能系统专家软件的设计和整合,需要符合整个电力系统监测装置的定义标准,同时支持所有类型数据的传出传入,用于后期统一建模和数据分析并在统一的平台下完成设备执行,最终形成在线监控的统一管理,提高储能设备的故障定位效率和准确性。

此外,电力系统断路器储能电机监测后台专家软件的设计,需要符合《智能化变电站技术指导规则》内容,并提供完整的数据展示和可控制指令展示。软件需要具备通信系统层功能信息,可以对储能设备以及相关容性设备进行多角度状态评价。

4 结 语

本文对当前电站电力操作系统断路器储能设备运行监控技术进行分析综述,在系统梳理相关技术发展脉络的前提下,进一步呈现了不同监控技术的监控结构和优劣势,明确了不同参数的监控逻辑和协同效果。未来,需聚焦电力系统智能化升级需求,优化监控技术方案,推动监控技术向全场景、高精度、智能化发展,为电力系统安全高效运转筑牢基础。

参 考 文 献

- [1] 唐义伟. 断路器储能电机运行监控技术[J]. 内江科技, 2013, 34(9): 69, 67. DOI:10.3969/j.issn.1006-1436.2013.09.038.
TANG Y W. Operation monitoring technology of circuit breaker energy storage motor[J]. Nei Jiang Science & Technology, 2013, 34(9): 69, 67. DOI:10.3969/j.issn.1006-1436.2013.09.038.
- [2] 赵紫辉, 杨昆, 钱利宏, 等. 柔性直流配电网中机械式直流断路器动作时序对操作过电压的影响[J]. 高压电器, 2024, 60(10): 212-220.
ZHAO Z H, YANG K, QIAN L H, et al. Effect of mechanical DC circuit breaker operation timing sequence on operating overvoltage in flexible DC distribution network[J]. High Voltage Apparatus, 2024, 60(10): 212-220.