

基于大数据分析的电力系统电保护综合自动化优化策略研究

Research on Comprehensive Automation Optimization Strategy for Power System
Electrical Protection based on Big Data Analysis

★ 国网烟台市牟平区供电公司 张弛, 石翔

摘要: 为实现电力系统电保护的快速整定, 确保电力系统的稳定运行, 本文提出了基于大数据分析的电力系统电保护综合自动化优化策略研究, 并通过电力系统电保护动态方程的规划, 对基于大数据分析的电保护馈线整定值和电力系统电保护装置进行优化调整, 以达成电力系统电保护综合自动化优化的研究目的。优化测试结果测得电力系统电保护综合自动化的运动时间与灵敏度都得到了改善, 表明基于大数据分析的电力系统电保护综合自动化优化策略能够显著提升电力系统的保护性能与自动化水平。

关键词: 大数据分析; 电力系统; 电保护; 自动化; 整定方法

Abstract: To achieve rapid parameter setting of power system electrical protection and ensure stable operation of the power system, a comprehensive automation optimization strategy for power system electrical protection based on big data analysis is proposed. By modeling the dynamic equation of electrical protection in the power system, the optimization and adjustment of the setting values of electrical protection feeders and electrical protection devices based on big data analysis are carried out to achieve the research goal of comprehensive automation optimization of electrical protection in the power system. The optimization test results show that the response time and sensitivity of the comprehensive automation of power system electrical protection have been improved, indicating that the optimization strategy of power system electrical protection comprehensive automation based on big data analysis can significantly improve the protection performance and automation level of the power system.

Key words: Big data analysis; Power system; Electrical protection; Automation; Tuning method

随着电力系统的规模不断扩大, 传统的电力保护方法已经难以满足现代电力系统的需求。综合自动化技术的应用可以实现对电力系统的全面监控, 提高了电力系统的安全性和可靠性^[1]。多数研究通过采用先进的传感器、通信和控制技术, 能够对电力系统运营情况进行

实时监控与预警, 及时发现并处理潜在的安全隐患, 维护了电力系统运行的平稳运转^[2]。

1 基于大数据分析的电力系统电保护综合自动化优化方法设计

1.1 规划电力系统电保护动态方程

为了获取电力系统电保护性能的暂态过程、提高电力系统电保护综合自动化启动保护的响应速度、减少误动和拒动次数, 对其进行动态方程的规划^[3,4]。对电力系统的网络结构图进行分析, 假设所有电力系统关键元件具有相同的反时限过流保护的特性, 计算电力系统的动作时间 $t_i(\alpha)$, 公式如下:

$$t_i(\alpha) = \frac{\alpha I_{dx}}{I_0^\alpha - 1} \quad (1)$$

$$I_0^\alpha = \frac{I_f}{I_{op}} \quad (2)$$

公式(1)和公式(2)中, α 表示电力系统中出现的电保护数量, I_{dx} 为电保护过程中负电荷的极大值, I_0^α 为电力系统短路电流倍数, I_f 为故障电流, I_{op} 为启动电流。当 I_0^α 大于1时, 电力系统启动电保护; 当 I_0^α 小于1时, 电力系统不启动电保护。根据电力系统的动作时间的计算结果, 对动态方程的积分进行计算。当动态方程积分等于1时, 触发电保护动作指令, 确定电力系统的动态方程为:

$$\int_{t=0}^{t=t_0} \left(\frac{1}{t_i(\alpha)} - \frac{1}{t_i(\alpha)} \right) = 1 \quad (3)$$

$$t_i(\alpha) = \frac{t_m}{1 - N I_0^\alpha}, I_0^\alpha \leq 1 \quad (4)$$

在公式 (3) 和 (4) 中, $t_i(\alpha)$ 为电力系统的电保护运动时间与复位时间, t_m 和 N 为反时限特性曲线的常量参数。当电力系统的故障电流大于启动电流时, 增加动态方程的积分值, 反之减少动态方程的积分值。经过动态方程的计算, 确定电力系统是否启动电保护, 迅速地完成了电力系统电保护综合自动化启动。

1.2 调整电力系统电保护馈线整定值

电力系统电保护馈线对电力工程中的各种元件有度量及控制作用, 经过对电保护动态方程的规划, 启动电保护后, 需要进行电保护馈线整定值的优化调整, 以提高保护的性能和可靠性^[5]。

通过大数据挖掘技术对电力系统中大量实时运行数据和历史故障记录数据进行挖掘分析, 并进行数据清洗、异常值处理、数据格式转换等工作^[6]。整合收集到的数据, 利用大数据分析技术的聚类算法计算调整电力系统继电保护馈线的整定值。将电力系统电保护馈线的整定值进行标准化处理, 设相同运动时间的电保护馈线整定值有四类九维标签, 基础电保护馈线整定值标签为 X_1 , 触发电保护的用电特征标签有五维, 分别是 $X_2 - X_6$, 电保护的具体行为标签有三维, 分别是 $X_7 - X_9$, 将 y 组数据进行聚类方程的计算:

$$D = \begin{cases} X_1(1), & X_1(2), & \cdots & X_1(9) \\ X_2(1), & X_2(2), & \cdots & X_2(9) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_y(1), & X_y(2), & \cdots & X_y(9) \end{cases} \quad (5)$$

$$X_E = \sum_{\lambda=1}^9 a_\lambda X(\lambda) \quad (6)$$

公式 (6) 中, X_E 为电保护馈线整定值的综合特征标签值, a_λ 为聚类方程中各个数据的权值。依据电力系统的实际需求, 在电力系统达到大数据分析得出的电保护馈线整定值的综合特征标签值时, 对馈线安装的自动化快速分合闸发出指令。同时计算电保护馈线自动化有效覆盖率 K 值。

$$K = \frac{R_c X_E}{R} 100\% \quad (7)$$

公式 (7) 中, R_c 为电保护馈线中安装快速分合闸的自动化电保护线路数量, R 为电力系统的馈线总数量。经过大数据自动运算分析, 对电力系统电保护馈线整定值进行调整, 直至 K 值无限趋近于 1, 此时的电保

护馈线整定值为电力系统电保护综合自动化的最佳值。同时使用大数据分析电力系统, 不断收集最新的运行数据和电保护触发记录, 并进行数据的实时分析计算。根据实时数据及时自动调整电力系统电保护馈线整定值, 以提高电力系统的安全性和稳定性。

1.3 优化调整电力系统电保护装置

根据优化调整后的电力系统电保护馈线整定值对电力系统电保护装置进行相应的优化调整^[7], 确保电力保护系统在收电保护馈线整定值后, 能够做出迅速准确的响应动作, 自动启动电力系统电保护功能。

本研究对高低电压部分分别处理。通常情况, 电力系统的差动电流数值会跟随电力变化呈现明显差异。为了改善电力系统电保护装置的灵敏度受到电力系统的高压变压装置出现的不平衡电流影响的问题, 在原电保护制动装置中加入差动保护设备, 确保电保护装置与电力系统运行的一致性。

针对电力系统不同运行功率, 明确系统二次保护参数数值, 并进行精密的电保护自动化装置优化调整工作。经过改造后的电力系统电保护装置在断开线路时自动开启系统内电源, 整个电力系统一直保持着电源流通的状态。当装置自身监测到装置已恢复工作状态时, 后备装置自行切换, 无需人员的操纵, 实现了电力系统电保护综合自动化。

2 优化测试与分析

2.1 测试准备

以 C 市某区的一个电力系统为例, 对本研究的优化效果进行测试。整个电力系统覆盖用户 5987 户, 年发电量在 2778 万 kW, 安全电压 36V, 覆盖范围 22km。高压电系统变压器额定容量为 25MVA, 短路抗阻为 20%, 低压电系统变压器额定容量为 3MVA, 短路抗阻为 10%, 经过调研分析绘制电力系统网络图, 如图 1 所示。

假设故障电流固定, 使用本文方法进行电力系统电保护。选取该电力系统中的三条线路 L1、L2、L3, 设故障发生在线路末端, 设定整定时间间隔为 0.4s、整定电流为 200A。将三条线路的具体保护数据记录于表 1 所示。

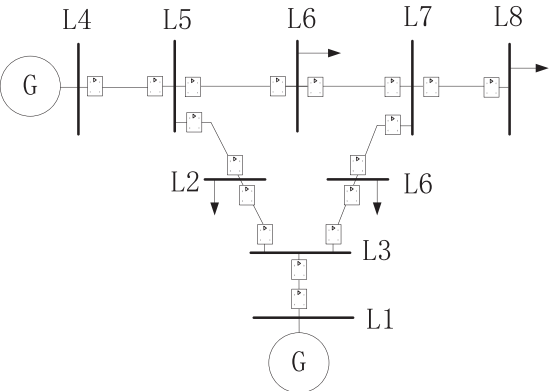


图1 电力系统网络图

表1 电力系统L1、L2、L3模拟设置

参数类别	L1	L2	L3
保护类型	限时断速	过流	限时断速
线路长度	10km	10km	15km
保护性质	新增	原有	新增
保护对象	6kV母线	6kV母线	低压变压器低压侧

为确保在真实需要电保护时综合自动化设备能够正确动作，对其进行基于大数据分析的电力系统电保护综合自动化的优化测试。根据电保护模拟数据，在测试设备上设置本文优化后的电保护条件，将保护装置从检测到故障到实际动作所需的动作时间，以及动作情况等数据进行详细记录，以此检验保护装置的性能。

2.2 优化结果

对优化前后电力系统电保护动作时间的对比进行记录并生成表格，如表2所示。

表2 优化前后电力系统电保护时间对比

参数类别	L1	L2	L3
优化前动作时间	3.5 s	2.8 s	2.4 s

优化后动作时间	0.3 s	0.5 s	0.2 s
阻抗定值	23.08 Ω	18.97 Ω	21.59 Ω
优化前灵敏度	0.9 (dB)	1.2 (dB)	1.1 (dB)
优化后灵敏度	4.2 (dB)	3.9 (dB)	4.8 (dB)
优化后极差约束	符合	符合	符合

根据测试结果，可以看出基于大数据分析的策略可以很好地对电力系统电保护综合自动化进行优化，优化后的动作时间明显缩短、反应迅速、灵敏度极高。同时保证了极差约束，新增了部分保护性质。测试结果表明，基于大数据分析的电力系统电保护综合自动化优化通过对历史用电数据和电网负载数据的深入挖掘和分析，能够准确预测电力需求，实现电力的合理调度和优化。

3 结束语

基于大数据分析的电力系统电保护综合自动化优化策略的研究，通过整合与处理海量的电力系统运行数据，保证了电力系统的保护准确，提高了电力系统的效率，降低了故障发生的概率，减少了停电时间和经济损失。同时基于大数据分析的优化策略具备动态性和实时性的特点，可通过实时监测和分析系统数据，发现电力系统的运行环境和负荷状况的不断变化的情况，从而进行保护策略的实时调整和优化。AP

作者简介：

张 弛（1992-），男，山东烟台人，工程师，学士，现就职于国网烟台市牟平区供电公司，研究方向为电力系统及其自动化。

参考文献：

[1] 罗建军. 基于大数据技术的配电网自动化系统优化策略分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40 (12) : 274 - 276.
[2] 廖清阳, 陈晓, 王军, 等. 基于改进花授粉算法的配网继电保护整定优化方法[J]. 粘接, 2023, 50 (9) : 183 - 186.
[3] 李凡, 齐蓬勃, 弋富国, 等. 5G技术对新能源接入配电网继电保护的影响及优化[J]. 制造业自动化, 2023, 45 (8) : 77 - 80.
[4] 李文伟, 韦思南, 汪清涓, 等. 基于组合算法的配电网继电保护优化整定计算方法[J]. 湖北大学学报 (自然科学版), 2023, 45 (4) : 600 - 607.
[5] 孟江雯, 李仲青, 詹荣荣, 等. 适应变电站二次系统全面优化的继电保护系统级测试关键技术[J]. 电网技术, 2023, 47 (9) : 3791 - 3799.