

基于数据融合的配电网继电保护定值校核方法

许军华 杨端蓉

(泉州亿兴电力工程建设有限公司 福建省泉州市 362000)

摘要: 由于电力系统的复杂性和变化性, 继电保护定值的准确性对于系统安全至关重要。在此基于传统配电网继电保护定值校核方法的缺点展开分析, 针对传统方法应用过程中存在的校核结果与实际存在偏差、校核效果不理想的问题提出应对措施。文章结合现代化技术, 借助 D500 基础平台, 提出一种基于数据融合的配电网继电保护定值校核方法。最终结果表明: 该方法相较传统方法, 继电保护定值校核结果与实际情况的一致性系数更高, 且校核效果更为理想。

关键词: 数据融合技术; 配电网; 继电保护; 定值校核方法

引言: 随着社会的不断发展和电力需求的不断增长, 配电网作为电力系统的关键组成部分, 其安全稳定运行对于维护供电可靠性和电能质量至关重要。在配电网中, 继电保护系统扮演着监测电网状态、及时切除故障、保障设备安全的重要角色。然而, 现阶段越来越多新技术面世, 电力系统在先进技术支持下, 更为复杂性、多变, 此时, 继电保护定值的准确性和可靠性成为确保系统正常运行的关键。

传统的继电保护定值校核方法主要基于经验和规则进行校核, 已经无法适应当前电力系统运行环境。基于此, 文章围绕配电网现阶段发展状态和应用环境, 基于数据融合技术, 提出一种克服传统校核方法的局限性的继电保护定值校核方法有现实意义, 可以进一步提高配电网运行的安全性。

1 研究背景

继电保护作为配电网运行中的重要组成, 在保证配电网安全方面发挥不可忽略的作用。一旦配电网设备出现故障, 保护装置可以立即发挥作用, 确定故障位置并划分继电保护范围, 避免故障向其他区域扩散, 最大限度降低故障的影响范围。继电保护定值的准确性对继电保护装置的效能发挥有直接影响, 因此, 重视保护定值校核, 可以检验继电保护装置的功能发挥。传统模式下, 保护定值的校核一般采取人工方式进行校核, 此种方法效率低下且准确性存在局限性^[1]。

基于此背景, 随着智慧电网建设持续推进, 在人工智能技术、信息技术等支持下, 在线校核方式得到广泛推广, 逐步取代传统人工校核方法。文章以在线校核方式为基础, 基于数据融合技术, 提出一种继电保护定值校核方法。该方法综合利用多源数据信息, 通过整合融合数据源, 保证定值校核的准确性和可靠性。

首先借助 D500 基础平台获取继电保护定值数据, 并对其进行处理, 确保格式统一化, 然后借助数据融合技术, 再次处理数据, 应用选择性校核方式, 比较保护定值和临界定值, 从而确保继电保护定值与实际一致。

2 运行定值获取

保护定值校验过程中, 继电保护定值是基础。因此, 准确获取配电网继电保护定值是关键。一般情况下, 获取的定值数据包括以下几方面: 配电网设备参数、一次设备拓扑关系数据、配电网图形数据、配电网运行数据集故障以及潮流数据。

文章提出的基于数据融合的保护定值校核方法以 D500 基础平台获取数据, 借助无线网络, 确保平台、继电保护定值整定软件、OMS 系统流畅连接, 确保数据信息可以高效共享、传输及自动调取^[2]。

平台调取数据信息后, 以其为基础可以得到一次接线拓扑图, 且将相关数据直观呈现在数据模型上。为了确保后续数据融合可以顺利进行, 确保涉及数据格式统一是基础。基于此, 文章研究过程中, 设定配电网运行数据格式统一调整为 E 语言, 配电网图形数据统一调整为 GIM-G/SVG 格式, 继电保护定值数据格式统一调整为 XML 格式, 配电网模型数据统一调整为 GIM-E/GIM XML 格式。

3 基于数据融合的保护定值数据处理过程

其是一种综合利用多源数据进行定值设定和调整的方法, 以提高电力系统保护的性能和可靠性。

3.1 处理步骤

在进行数据处理过程中, 主要步骤如下: 第一, 多源数据采集。借助数据采集设备, 全面采集配电网系统运行状态相关数据; 第二, 数据预处理和清洗。采集的数据类型、格式存在差异, 且原始数据中含有大量的噪声和异常, 因此, 需要对其进行预处理和清洗。第三, 选择适宜的数据融合算法。基于需求, 选择最适宜的算法, 可以高效、全面将采集的多源数据整合成一个全面、一致的数据集。第四, 综合分析和特征提取。确定算法后, 便可以对处理完成的数据进行综合分析, 从中提取和继电保护定值相关特征。

3.2 数据过程

采集的数据来源广泛, 类型存在很大差异。在应用

数据融合技术处理时，及时提出异常数据和噪声数据是关键。文章采用如下公式(1)识别“不符合需求的数据”：

$$\begin{cases} 1 & \text{if } S - c - o \geq 0 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

上述公式中：1代表异常数据；0代表非异常数据；S为采集获得的原始数据；c代表原始数据均值；o代表原始数据方差。

实际应用过程中，公式(1)发挥识别效用，对采集的原始数据进行筛选，剔除其中的异常数据，并对异常数据进行插值重构，从而达到降噪和处理异常的目的。由于采集的原始数据来源广泛，获得的数据属于多源异构数据，为了保证后续步骤顺利完成，需要对经过滤波处理后的数据进行融合处理。采用如下公式(2)完成数据融合：

$$f = \arg \min \sum_{i=1} loss(f(x_i) y_i) \quad (2)$$

上述公式中： f 代表配电网继电保护节点上的数据融合模型； i 代表配电网继电保护节点数量； x_i 代表第*i*个节点的数据集； y_i 代表第*i*个节点上的数据实例； $\arg \min$ 代表函数在其定义域内使得该函数取得最小值的参数值^[9]。

公式(2)无法在整体数据集上求得损失函数的解，这导致利用该公式求得的数据融合集合存在不足。针对这一问题，对公式(2)进行调整，使得数据融合模型具备协同效能，得到如下(3)所示公式。

$$f = \sum_{i=1} \frac{d_i}{\sum_{i=1} d_i} f^*$$

上述公式中： d_i 代表第*i*个节点上训练样本数量； f^* 代表配电网继电保护节点上经过数据训练之后的模型。

此时，将得到的保护定值代入公式(3)中，便可以更为高效对获得的多源异构数据进行处理，达到数据融合目标。

4 继电保护定值选择性校核

继电保护定值选择性校核是确保电力系统中不同保护装置之间具有良好选择性的过程。选择性是指在电网发生故障时，只有故障区域内最近的保护装置动作，而不影响其他未受影响的区域。

结合上文阐述，对继电保护定值进行选择校核。为了更为直观阐述，做出如下假设：某配电网出现一个

故障源，继电保护装置做出响应，电气量保护线路为 X_1 、 X_2 ，保护区采集的电气量和继电保护动作值相符，上述关系用如下公式进行描述：

$$A = z \quad (4)$$

其中 A 海表保护区的电气量；z 代表故障线上任意一点的电气量和故障线路首端点七辆的比值。如果继电保护装置做出的保护动作符合选择性标准，则可以正常发挥效用，但出现不匹配情况，会导致公式(4)发生变化，对其重新推导可以得到如下公式：

$$A = \frac{BN}{B - C} \quad (5)$$

上述公式中：B 代表继电保护节点、故障点之间的互阻抗；N 代表继电保护线路长度；C 代表线路首端和故障点之间的互阻抗。从中可知，确定配电网继电保护动作范围，然后将该范围内的保护定值和临界定值进行对比，此时可以得到如下内容：(1) 继电保护线路 X_1 、 X_2 的保护动作发挥作用时， X_1 的一段保护动作相较 X_2 的二段保护动作持续时间而言， X_1 的保护动作持续时间更短；(2) 继电保护线路 X_1 、 X_2 的保护动作均发挥效用时， X_2 的一段保护动作时长和 X_1 的二段保护动作持续时长相比较， X_2 保护动作的持续时间更长；

(3) 在上述两个假设前提下，做出的保护动作作为 X_1 的一段继电保护和 X_2 的二段继电保护结合形成^[9]。

基于上述做出的假设，可以借助增系数确定临界定值。计算公式如下：

$$\varepsilon = \eta\mu + \eta\nu \cdot \nu \quad (6)$$

上述公式中： μ 代表继电保护线路的正序阻抗； η 代表基于助增系数的继电保护整定系数； ν 代表继电保护线路的最小正序助增系数； ν 代表保护线路一段的继电保护动作定值。科学利用公式(6)，可以计算得到保护线路的临界定值，需要注意，其求出的是一段临界定值，然后将其与保护线路二段定值对比分析，便可以确定该方法是否满足继电保护定值校核要求。

如果一段临界定值小于二段保护定值，说明保护线路二段保护定值和选择性标准存在差距，所得的保护定值存在问题；如果一段临界定值大于二段保护定值，则说明两者相匹配，也就是符合需求标准。求得符合选择性标准的保护定值可以作为数据融合继电保护定值校核的参考^[9]。

4 验证和分析

为了验证提出的校验方法的可行性和可靠性，文章

通过试验加以验证，以最终结果为准得出结论。

4.1 试验设计

文章以某区域配电网为研究基础。研究的配电网包含 7 座变电站，总共有 7 条线路，每个线路的继电保护装置搭配适宜，科学设计其分布，将上述 7 条线路设定为 A₁-A₇，线路参数见下表 1 所述。

表 1 配电网继电保护线路参数总结表

保护线路	一段线路阻抗/保护动作时间 (Ω/s)	二段线路阻抗/保护动作时间 (Ω/s)	正序阻抗 (Ω)
A ₁	26.47/0	46.57/1.3	25.46
A ₂	12.88/0	17.58/1.1	12.56
A ₃	14.98/0	25.98/1.1	14.87
A ₄	12.97/0	24.95/1.1	11.22
A ₅	17.47/0	22.27/1.1	15.95
A ₆	12.57/0	19.43/1.1	14.57
A ₇	11.38/0	34.68/0.9	11.23

采用对照试验方法进行验证。将本文提出的校核方法作为实验组，选择两种常用的传统方法作为对照组（其一基于二次设备在线监视的继电保护运行定值校核方法；其二为基于智能化平台的继电保护定值在线校核方法），在分析过程中，按照传统方法 1 和传统方法 2 进行表述^[6]。

4.2 试验结果分析

首先，以文章提出的校核方法为基础，遵循规范化流程，科学获取继电保护定值数据，完成数据融合和选择性校核，最终结果见下表 2。

表 2 继电保护定值校核结果

保护线路	最小正序助增系数	临界定值 (Ω)	校核输出	实际情况
A ₁	2.67	125.68	相匹配	相匹配
A ₂	1.59	105.27	不匹配	不匹配
A ₃	2.95	143.63	不匹配	不匹配
A ₄	3.63	102.27	相匹配	相匹配
A ₅	1.47	115.36	不匹配	不匹配
A ₆	2.57	117.34	相匹配	相匹配
A ₇	2.98	112.93	不匹配	不匹配

结合上表 2 可知，所得结果与实际情况相符，这足以证明，文章提出的校核方法可以完成继电保护定值校核任务。

为了进一步验证文章提出方法的优越性，以所得校核结果和实际情况是否相符展开评价，为了便于进行分析，以一致性系数为指标，设定一致性取值范围为 0-1，所得结果越大代表校核结果准确性越高^[7]。最终三种校核方法获得的一致性系数结果见下图 1。

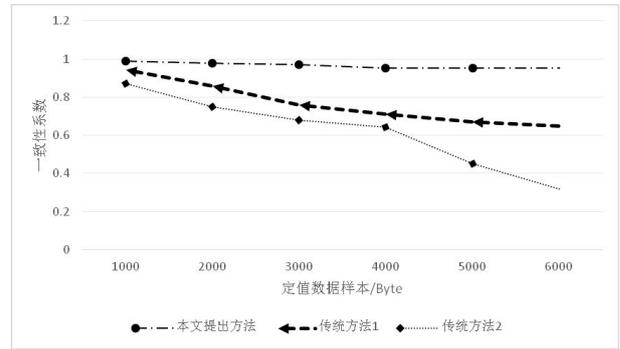


图 1 一致性结果统计对比图示

结合图 1 来看，三种校核方法所得结果和实际的一致性系数存在明显差异性，文章提出的校核方法更接近 1，虽然随着数据样本增加，一致性系数随之下降，但仍处于较高水平。对照组则明显存在不足，在数据样本达到 6000Byte 时，一致性系数低于 0.7，相较文章方法明显处于弱势。从中可知，三种方法均可以完成保护定值数据校核，但明显文章提出的方法更具有优势。

结语

综上所述，文章基于数据融合技术，提出一种配电网继电保护定值校核方法，旨在提升保护系统的智能化水平和适应性，以更好地应对电力系统复杂多变的运行环境。为了验证文章提出方法的可行性和应用价值，通过对照实验方式加以验证。选择两种传统校验方法作为对照组，以一致性系数作为评价指标，用结果直观表明提出的校核方法在精度方面的优越性。

参考文献:

- [1]董小瑞,孙伟,樊群才,李鑫.基于 KLDA-INFLO 的继电保护整定数据异常识别方法[J].电力科学与技术学报,2022,37(6):132-137+149.
- [2]张正利,齐磊,毕兆东,杨利民,郑杨斌.保护定值在线校核与智能整定闭环系统设计[J].山东电力技术,2022,49(3):36-40.
- [3]庄红山,王晓飞,冯小萍,于乐.基于过电流保护的闭环配网继电保护定值在线校核[J].自动化技术与应用,2019,38(1):102-106.
- [4]曾志安,刘辉,汤小兵.基于多维度业务数据融合的继电保护移动运维系统设计及实现[J].电力大数据,2019,22(11):29-37.
- [5]刘国强,魏存良,邓文科,曹德发,李志华.基于配网整定计算平台的定值单审批流程[J].电子技术(上海),2021,50(8):68-69.
- [6]龙瑞华,张希,吴重沛,苏禹宁,陈华昊.基于大数据分析的配网继电保护定值校核方法[J].电气开关,2023,61(5):53-56.
- [7]凌文明.基于大数据的新能源电站继电保护定值校核方法[J].自动化应用,2023,64(9):218-220.