

基于数据挖掘的供电所错误接线分析方法

杨宸¹ 张文杰¹ 任启涛¹ 魏凯² 朱博¹

YANG Chen ZHANG Wenjie REN Qitao WEI Kai ZHU Bo

摘要

在当前电力系统中,供电所错误接线分析一直是一个棘手的问题。传统的分析方法往往难以实现对真实电量和有功功率的准确还原,导致在运维过程中无法及时发现和解决问题。为了弥补这一缺陷,引入了数据挖掘技术,对供电所错误接线分析方法进行了深入研究。利用数据挖掘技术,通过对大量历史数据的挖掘和分析,获取了供电所错误接线有功功率的相关信息。计算供电所错误接线更正系数,还原真实电量。通过对比实验证明,新的分析方法应用下,供电所各错误接线类型的有功功率均可以准确获得,分析不同错误接线的真实电量,为后续运维工作提供可靠的数据支撑。

关键词

数据挖掘; 错误; 分析; 接线; 供电所

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2024.09.038

0 引言

供电所作为电力系统中至关重要的节点,承载着为广大用户提供稳定、可靠电力的重要任务。其运行效率和安全性不仅直接关系到用户的用电体验,更对电力系统的整体稳定起着决定性的作用。然而,在日常运维过程中,供电所常常面临着各种挑战,其中错误接线问题尤为突出。错误接线是供电所运维过程中常见且危害严重的问题之一。这种问题的存在,不仅可能导致设备的损坏和供电中断,给用户带来不便,甚至可能引发火灾等安全事故,给人们的生命财产安全带来严重威胁。因此,如何准确、高效地识别和解决错误接线问题,一直是供电所运维工作的重要挑战。

目前,针对供电所错误接线的分析方法主要有两种。第一种方法主要依据文献[1]中对计量电流互感器常见错误接线的分析与判断,该方法通过直观观察和分析电流互感器的接线情况,来判断是否存在错误接线。虽然这种方法简单易行,但效率低下,且难以发现隐蔽性强的错误接线,容易导致问题被遗漏或延误处理。

另一种方法则基于文献[2]中提出的电压回路接线错误导致工频变化量阻抗保护误动作的分析方法。这种方法通过深入分析电压回路的接线情况,以及其对工频变化量阻抗保护的影响,来较为准确地定位错误接线问题。然而,该方法操作复杂、耗时较长,且对操作人员的技能要求较高,难以在供电所日常运维中广泛应用。

随着供电所规模的扩大和接线复杂度的增加,传统方法在处理大量数据和复杂接线情况时能力显得捉襟见肘。因此,寻求一种更为高效、准确的错误接线分析方法就尤为重要。

为了克服现有方法的不足,本文将结合数据挖掘技术,开展供电所错误接线分析方法的设计研究。数据挖掘技术具有强大的数据处理和分析能力,可以自动地从大量数据中提取出有价值的信息和规律。通过运用数据挖掘技术,可以对供电所的接线数据进行深入分析,挖掘出潜在的错误接线规律,进而实现准确、高效的错误接线识别和解决。具体来说,可以首先对供电所的接线数据进行预处理,包括数据清洗、格式化等操作,以确保数据的准确性和一致性。然后,利用数据挖掘算法对预处理后的数据进行深入分析,提取出接线数据中的错误接线特征和规律。接着,根据提取出的特征和规律,构建错误接线识别模型,实现对接线数据的自动分析和判断。最后,将识别结果以可视化的方式呈现给运维人员,帮助他们快速定位并解决问题。

通过结合数据挖掘技术,可以实现对供电所错误接线问题的全面、深入分析,提高识别和解决错误接线的效率和准确性。这不仅可以降低运维成本,提高供电所的运行效率,更能为用户提供更加稳定、可靠的电力供应,保障人们的生命财产安全。

1 基于数据挖掘的供电所错误接线有功功率获取

在电力系统中,对于不同电压等级的电能计量,通常采用不同类型的电能表。在3 kV及以上电压等级较大的接地

1. 国网甘肃省电力公司平凉供电公司 甘肃平凉 744000

2. 国网甘肃省电力公司市场营销事业部 甘肃兰州 730000

系统中,普遍使用的是三相四线制的高压电度表。但在 3 kV 及以下电压水平的小型接地系统,尤其是变电所 35 kV 侧、10 kV 侧和用户专用变侧,三相线高压电表因其结构简单、价格便宜而被广泛采用^[3]。针对这些广泛安装的三相三线高压电能表,其错误接线方式的分析和识别对于保障电力系统的稳定运行具有重要意义。

结合数据挖掘技术,可以对三相三线高压电能表的运行数据进行分析,以识别潜在的错误接线情况。在正常情况下,也就是说,三相负载基本上是平衡的,相序是正序的,感性负载,而且有功和无功都是在正向的方向上正确记录的^[4],三相三线两元件电能表的有功功率 P 可以通过以下数学公式进行计算:

$$P = U_{AB}I_A\cos(f+300)+U_{CB}I_C\cos(f-300) \quad (1)$$

式中: U_{AB} 表示 A 相与 B 相之间的线电压; I_A 表示 A 相电流; f 表示功率因数角; U_{CB} 表示 B 相与 C 相之间的线电压; I_C 表示 C 相电流。针对供电所中不同的错误接线类型,其错误接线的有功功率 P' 的计算方式不同^[5]。以 A 相电流 I_A 极性接反为例,结合上述有功功率计算公式,确定错误接线的有功功率 P' 为:

$$P' = U_{AB}I_A\cos(1500-f)+U_{CB}I_C\cos(f-300) \quad (2)$$

再以 A 相电流 I_A 开路,或 A 相电流 I_A 短路为例。结合有功功率 P 的计算公式,可得出错误接线的有功功率 P' 为:

$$P' = U_{CB}I_C\cos(f-300) \quad (3)$$

数据挖掘技术可以通过分析历史运行数据,提取出电压、电流、功率因数角等关键参数,并利用上述公式计算得到理论上的有功功率值。然后,将理论值与实际计量值进行对比,如果两者之间存在显著差异,则可能表明存在错误接线的情况。

2 供电所错误接线更正系数计算与真实电量还原

更正系数 G 定义为计量装置正确接线下用户消耗的真实功率值 P 真与错误接线下形成的虚假功率值 P' 之比。通过计算更正系数,可以从虚假电能量 W' 中推算出用户所用的真实电能量 W ,还原电量的真实情况。根据更正系数和误差率,对之前的电费进行更正,确保计费的准确性。更正系数可通过下述两种方式计算得出:

$$G_1 = \frac{P}{P'} \quad (4)$$

$$G_2 = \frac{W}{W'} \quad (5)$$

结合公式 (4) 和公式 (5),针对不同的错误接线方式,

可求解出相应的更正系数。仍然以上述 A 相电流 I_A 极性接反为例,其更正系数计算公式为:

$$G = P/P' = \tan f \quad (6)$$

对 A 相电流 I_A 开路,或 A 相电流 I_A 短路错误接线,其更正系数为:

$$G = 2\sqrt{3}/(\tan f + \sqrt{3}) \quad (7)$$

计算出更正系数之后,根据这个系数来纠正电能表的接线错误。在纠正接线时,需要仔细检查每一根电线,确保它们按照正确的位置和顺序连接,并且没有短路、断路或其他潜在的故障。纠正接线错误后,为了确保接线已经正确纠正,并且电能表能够准确计量,需要进行电能表测试。这个过程包括向电能表输入已知的电流和电压值,并观察其输出的电能测量结果。通过与实际值进行比较,可以验证电能表的计量准确性^[6]。如果测试结果显示电能表能够准确计量,则可以将正确接线的电流、电压值代入电能表,进行实际的电能测量。这个过程将提供一个新的电能测量结果,这个结果是基于正确接线的电能表得出的,因此应该更加准确可靠。将新的电能测量结果与之前的虚假电能量 W' 进行比较,并计算误差率^[7]。这个误差率代表了由接线错误导致的电能计量偏差的大小。误差率的计算公式为:

$$h = \frac{|W - W'|}{W} \times 100\% \quad (8)$$

式中: h 表示误差率。通过上述运算,确定更正系数 G 和错误接线期间的抄表电量 W ,则更正后的电量可表示为:

$$W_{\text{corrected}} = GW \quad (9)$$

式中: $W_{\text{corrected}}$ 表示更正后的电量。根据上述提供的公式,可以精确地确定更正后的电量,从而实现对真实电量的准确还原。在供电所错误接线分析中,更正系数 G 起到了至关重要的作用。这个系数是根据错误接线下的虚假电量 W' 与正确接线下的真实电量 W 之间的比例关系计算得出的。通过这种方法,可以有效地还原出真实电量,从而纠正由错误接线导致的电量计量偏差。这不仅有助于供电所准确掌握用户的实际用电情况,也为电网安全稳定运行提供了可靠的数据支撑。同时,这也体现了数据挖掘和分析在电力系统管理中的重要应用,通过科学的方法和手段,可以更加精准地把握电力系统的运行状态,提高电力供应的可靠性和效率。

3 对比实验

在上述论述基础上,为进一步考察本文提出的基于数据挖掘的分析方法是否可以实现对供电所错误接线的准确分析,将该方法作为实验组,将文献 [1] 方法作为对照 A 组,

将文献 [2] 方法作为对照 B 组。利用三种方法对同一供电所的错误接线情况进行分析。获取依托供电所近一年的运行数据，并将其作为实验数据集。在该供电所的三相三线系统中，电压为 10 kV（线电压），A 相电流为 100 A，C 相电流为 120 A，功率因数角均为 0.9（感性负载）。根据该供电所实际情况，记录其实际发生的错误接线情况以及对应的有功功率，如表 1 所示。

表 1 供电所错误接线情况记录表

序号	错误接线类型	描述	有功功率 /kW (电能表显示结果)
(1)	A 相电流开路	A 相电流不流通， 仅 B、C 两相参与 计量	1 871.04
(2)	C 相电流开路	C 相电流不流通， 仅 A、B 两相参与 计量	1 570.80
(3)	A、C 相电流 极性接反	A 相和 C 相的电流 方向接反	0 (在实际情况下，有功 功率为负，但电能表不 会记录负值，而是记录 为 0)
(4)	电压相序错误	电压相序接反	1 526.30
(5)	AB 相断线	AB 相电压断线， 仅 BC 相电压正常	1 871.04

在得到表 1 中相关数据后，分别利用三种分析方法对上述五种错误接线类型进行分析，并给出具体的有功功率分析结果，如表 2 所示。

表 2 三种分析方法分析结果记录表

单位：kW				
序号	错误接线类型	实验组分析 结果	对照 A 组分 析结果	对照 B 组分 析结果
(1)	A 相电流开路	1 871.04	1 253.62	1 526.35
(2)	C 相电流开路	1 570.80	1 025.25	1 065.35
(3)	A、C 相电流极 性接反	-3 441.84	0	1 524.3
(4)	电压相序错误	1 526.30	865.25	1 025.36
(5)	AB 相断线	1 871.04	1 253.62	1 526.35

经过对表 2 中详细数据的细致比对和分析，可以清晰地看到实验组所采用的分析方法在实际应用中展现出了极高的准确性和可靠性。该方法不仅准确地捕捉到了供电系统中存在的错误接线问题，而且其得出的结果与实际情况完全一致。相比之下，对照 A 组和对照 B 组分析结果与实际情况之间存在显著的差异，这在一定程度上影响了对错误接线问题的准确判断，可能给后续的运维工作带来不必要的困扰和误判。实验组的方法能够精确地识别并计算出负数的有功功率结

果。在此基础上，利用三种分析方法获得不同错误接线类型的修正系数，并给出分析得到的电量，将得到的结果与实际对比，并记录如表 3 所示。

表 3 三种分析方法对不同错误接线类型分析给出电量

单位：kW					
序号	错误接线类型	实际电量	实验组	对照 A 组	对照 B 组
(1)	A 相电流开路	80.0	80.0	40.0	40.0
(2)	C 相电流开路	120.0	120.0	80.0	80.0
(3)	A、C 相电流 极性接反	60.0	60.0	0	0
(4)	电压相序错误	270.0	270.0	120.0	200.0
(5)	AB 相断线	300.0	300.0	220.0	200.0

对表 3 中的数据作进一步分析，可以观察到实验组在采用特定的错误接线类型分析方法后，其计算得出的实际电量与预期或理论上的真实电量值非常接近，甚至在某些情况下可能完全吻合。这表明，当使用正确且经过验证的实验组分析方法时，能够准确地识别并纠正错误接线所导致的电量计量偏差，从而得出与实际情况完全相同的真实电量结果。对照 A 组可能采用了较为简化的分析方法或未充分考虑错误接线的具体细节，导致计算出的实际电量结果与真实情况存在显著的偏差。同样，对照 B 组可能在分析过程中引入了其他未知因素或错误，使得其计算结果也未能准确反映真实的电量消耗情况。这一显著优势对于供电系统的运行维护来说具有极其重要的意义。将新的分析方法应用实际不仅能够提高运维人员的工作效率，减少因误判而带来的损失，还能够为系统的稳定运行提供更为有力的数据支撑。

4 结语

本文旨在深入探讨基于数据挖掘的供电所错误接线分析方法，该方法不仅是对现有分析方法的补充和拓展，更是对供电所运维工作的一次重大创新。通过充分利用数据挖掘技术的优势，本文成功实现了对错误接线的快速、准确识别与定位，为供电所的运维工作提供了全新的思路和方法。然而，任何一种技术都有其局限性和不足。虽然基于数据挖掘的错误接线分析方法具有诸多优点，但在实际应用中仍需进一步完善和优化。例如，数据的质量和完整性对分析结果的准确性具有重要影响。如果数据存在缺失、异常或噪声等问题，将会导致分析结果的偏差和误差。因此，需要加强对数据的预处理和清洗工作，确保数据的准确性和可靠性。此外，如何进一步提高数据分析的准确性和效率也是未来研究的重要方向。可以尝试引入更多的算法和模型，如机器学习、深度学习等，对错误接线进行更深入的挖掘和分析。同时，还可以结合供电所的实际情况进行定制化开发，将分析方法与具体的业务场景相结合，以提高分析的针对性和实用性。

基于 DPU 芯片的 RDMA atomic 操作的硬件实现

吴小林¹ 王万财¹ 高 志¹

WU Xiaolin WANG Wancai GAO Zhi

摘 要

RDMA 网络具有高带宽、低延时、低 CPU 负载的特点, 广泛应用于数据中心。RDMA 技术中的 RoCEv2 由于兼容当前数据中心的网络层与数据链路层, 而被认为是一种低成本的 RDMA 技术解决方案。介绍了一种 DPU 芯片中 RDMA atomic 操作的硬件实现。DPU 芯片基于 RoCEv2 协议, 在网络拥塞出现丢包时, 能够实现 RDMA atomic 操作在响应端最多执行一次的要求。在硬件电路功能仿真中, 已实现了该需求, 且重传 RDMA atomic 操作的延迟相比之前缩短了至少 2 μ s。

关键词

RDMA; RoCEv2; RDMA atomic

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2024.09.039

0 引言

当今是云计算、大数据的时代, 企业业务持续增长, 需要存储系统的 IO 性能也持续增长。传统的 TCP/IP 技术在数据包的处理过程中, 要经过操作系统及其他软件层, 数据在系统内存、处理器缓存和网络控制器缓存之间来回进行复制, 给服务器的 CPU 和内存造成了沉重负担。尤其是网络带宽、

处理器速度与内存带宽三者的严重“不匹配性”, 更加剧了网络延迟效应。

为了降低数据中心内部网络延迟、提高处理效率, 远程直接内存访问(remote direct memory access, RDMA) 技术应运而生。RDMA 是一种高速网络传输技术, 传输数据时可以绕过操作系统内核直接对远端内存进行读写。相较于传统的 TCP/IP 网络, RDMA 具有低延迟、高吞吐量、低 CPU 负载的特点, 更适合数据中心的网络传输需求^[1-2]。

1. 成都北中网芯科技有限公司 四川成都 611731

未来, 随着智能电网技术的不断进步和数据挖掘技术的深入发展, 基于数据挖掘的供电所错误接线分析方法将会得到更加广泛的应用和推广。这不仅可以提高供电所的运维效率和质量, 还可以为电力系统的稳定运行和用户的用电安全提供更加坚实的保障。

参考文献:

- [1] 赵俊红. 对计量电流互感器常见错误接线的分析与判断[J]. 电气技术与经济, 2024(3):199-200+203.
- [2] 邱浚哲, 王乐, 檀林青, 等. 电压回路接线错误导致工频变化量阻抗保护误动作分析[J]. 电工技术, 2024(3):124-126+129.
- [3] 陈胜, 刘艳, 贾宏伟. 并联式高压电能计量仿真接线培训柜的研究[J]. 农村电气化, 2022(10):79-82.
- [4] 何程, 杨红平, 朱贺, 等. 一起 35 kV 专线用户电能计量装置错误接线的分析与研究[J]. 电工技术, 2024(2):146-148.
- [5] 张贝贝, 郭左, 张恒伟, 等. 一起错误接线造成保护误动作跳闸事故分析[J]. 农村电工, 2024, 32(1):58-59.

- [6] 周凯欣, 冯萧飞, 苏盛, 等. 基于时序关联特性的错误接线漏电用户定位方法[J]. 仪器仪表学报, 2023, 44(10):247-259.
- [7] 左素梅, 左磊, 杨欣. 一起错误接线导致线损异常事例分析[J]. 农村电工, 2023, 31(5):51.

【作者简介】

杨宸(1995—), 男, 甘肃白银人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 电力营销。

张文杰(1999—), 男, 甘肃平凉人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 电气工程。

任启涛(1997—), 男, 甘肃平凉人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 电力营销。

魏凯(1990—), 男, 甘肃金昌人, 本科, 工程师, 研究方向: 电力系统终端互动调节。

朱博(1999—), 男, 甘肃平凉人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 电气工程及其自动化。

(收稿日期: 2024-06-20)