

智能配变终端配电线路单相接地故障智能运检技术

朱贤君 秦建清

上海市南电力(集团)有限公司金山分公司

摘要:智能配变终端配电线路单相接地故障智能运检技术是一种利用物联网、大数据分析和人工智能等先进技术对配电线路进行实时监测和故障预测的方法。该技术可以通过采集和分析电压、电流、功率因数等参数,识别出异常情况并做出预警,同时还能快速准确定位故障点,提高故障处理效率和准确性。此外,智能运检技术还可以为电力系统的运维管理提供决策支持,提供全面评估和统计分析结果。通过该技术的应用,可以提高配电线路故障的检测效率,提升系统的安全性、可靠性和运行效率。

关键词:智能配变终端; 配电线路; 单相接地故障; 智能运检技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.08.107

随着电力行业的快速发展和智能化技术的不断进步,智能配变终端配电线路单相接地故障智能运检技术成了一个备受关注的话题。在电力系统中,配电线路的安全和可靠性对于供电质量和用户的正常用电至关重要。然而,传统的运检方式往往存在监测延迟、故障发现不及时等问题,无法满足现代电力系统日益复杂的运维需求。在电力行业不断追求智能化发展的背景下,通过推广和应用这一技术,能够为电力系统的可持续发展做出贡献,提高供电服务的质量和效率,进一步推动电力行业的升级和创新。

一、智能配变终端

1. 运行原理

智能配变终端通过传感器和监测装置获取变电站内部各种电气参数、运行状态和环境数据,例如电流、电压、温度等。收集到的数据会经过智能配变终端内置的处理器进行处理和分析,得出各种状态和评估指标,如负载情况、设备健康状况等。智能配变终端通过通信技术(如无线通信、有线通信等)将处理后的数据传输到监控中心或云平台,实现对配电变电站的远程监测和控制。监控中心可以实时获取变电站的运行状态,同时也可以向智能配变终端发送指令,实现对设备的遥控操作。

基于采集和处理的数据,智能配变终端可以通过算法分析来进行故障诊断和预警。一旦发现潜在的故障或异常情况,终端会及时向监控中心发送警报信息,以便及时采取相应的维修和保护措施。智能配变终端还负责对采集到的数据进行存储和管理,包括历史数据存档、设备档案管理等。这些数据可以用于后续的分析和决策支持。

2. 整体框架

采集层,该层主要负责采集配电变电站内部各种电气参数、设备状态和环境数据。包括传感器、监测装置等设备,用于采集电流、电压、频率、温度等数据。处理层,采集到的数据会经过处理层进行数据预处理、数据清洗和数据校验等处理。同时,处理层还负责对采集到的数据进行存储和管理,包括实时数据存储和历史数据存储。

通信层,通信层主要负责将处理后的数据通过通信技术传输到监控中心或云平台。通信技术可以包括无线通信(如GPRS、4G/5G等)、有线通信(如以太网、光纤等)等。分析与决策层,该层主要对采集到的数据进行分析 and 决策处理。通过构建各种算法模型和数据库,对数据进行实时监测、故障诊断、预警和优化调度等分析处理,实现对电力设备的状态评估、负荷预测、故障检测等功能。应用层,应用层是智能配变终端的最上层,主要提供用户界面和功能。通过监控中心、移动终端或web平台等方式,展示实时的数据监测和设备运行状态,同时提供远程控制、故障报警、工单管理等功能^[1]。

二、智能配变终端配电线路单相接地故障的原因和类型

绝缘损坏,线路绝缘材料老化、电气设备故障或使用不当等因素导致绝缘损坏,使得其中一相的电流泄漏到地,引发单相接地故障。外部短路,受外部因素(如树木触碰或动物误入电力设备)的影响,线路出现相间或线与地的短路,从而引发单相接地故障。岩石击穿,在地下电缆中,可能会存在岩石或其他尖锐物体造成的击穿现象,导致电缆与地之间出现单相接地故障。

配变终端设备故障,配变终端设备自身的故障,如绝缘损坏、接线错误等,也有可能引发单相接地故障。

根据故障的特点和表现形式，单相接地故障可以分为单相对地短路（A相、B相、C相分别与地相连），其中一相的导线发生短路，导致电流通过其他两相和地之间形成环路。单相对地接触，其中一相的导线发生接触，但未形成明显的短路。电流通过接触点进入地，引起接地故障。瞬时接地，由于某些因素（如雷击等），电力系统突然造成短暂的单相对地短路或接触故障^[2]。

三、智能运检技术在配电线路中的应用

故障检测与诊断，智能运检技术可以通过对配电线路的实时监测，及时发现线路中的故障点，并进行故障诊断。通过使用传感器、智能设备和算法模型，可以对电流、电压、温度等参数进行监测，并分析异常数据，判断是否存在故障，并定位具体的故障点。负荷监测与优化，智能运检技术可以实时监测配电线路的负荷状况，包括电流负荷、电压负荷等。通过对负荷数据的分析和预测，可以合理调整变压器的运行状态，避免过载或低负载工作，提高配电系统的效率和可靠性。

节能管理，智能运检技术可以通过监测和分析配电线路中的能耗数据，帮助用户发现能源浪费的问题，提供相应的优化建议。例如，通过精确测量不同设备的能耗，对设备进行能效评估，并提供节能的策略和方案。运维管理，智能运检技术可以实现对配电线路的远程监控和管理。通过远程通信技术，实时获取线路的状态信息，包括设备运行状态、参数异常等。同时，智能运检技术也可以自动生成工单，并提供故障定位的建议，方便运维人员进行快速处理和维修。安全保障，智能运检技术通过对配电线路的智能监测，提供了实时的安全保障功能。例如，对于过电压、过流等异常情况，可以及时发出报警并采取相应的措施，避免因故障引发火灾等安全事故^[3]。

四、配电线路单相接地故障检测方法

电流不平衡法，通过监测三相电流的大小和是否平衡来判断是否存在单相接地故障。当出现单相接地故障时，患部相电流会明显下降，而其他两相的电流则会增大。零序电流法，零序电流是指三相电流的矢量和，通常用来检测接地故障。在正常运行时，零序电流应为零或非常小；而当存在单相接地故障时，零序电流会显著增大。

电压法，通过监测线路中各相电压的大小和变化情况来判断是否存在单相接地故障。当出现接地故障时，故障相电压会明显下降，而其他两相的电压则会增大。微功率保护装置通过监测线路中的功率变化来检测接地

故障。当接地故障发生时，由于患部相电流减小，导致线路中的传输功率也会显著下降。微功率保护装置会通过监测功率变化来及时发现接地故障。变压器绕组电压法，对于一些带有变压器的配电线路，可以通过监测变压器绕组电压是否为零来判断是否存在单相接地故障。正常情况下，变压器绕组电压应该为零；而当存在接地故障时，相关绕组的电压将不再为零^[4]。

五、智能配变终端配电线路单相接地故障智能运检技术架构

1. 信息分析

通过智能配变终端设备和传感器对电力系统的实时数据进行采集，包括电流、电压、功率等参数的监测。同时，还可以采集配变终端设备的运行状态、温度、绝缘状况等信息。将采集到的实时数据通过通信网络传输到数据中心或云平台进行存储和处理。数据的传输可以通过有线或无线方式实现，确保数据的及时性和稳定性。

基于数据处理和分析的结果，智能运检系统可以准确判断出线路的单相接地故障，诊断出故障的类型和位置，并生成相应的故障报警和预警信息。这样，运维人员可以迅速响应并采取相应的故障处理措施，减少故障对系统运行的影响。通过可视化界面展示故障报警和预警信息，使运维人员可以直观地了解电力系统的运行状态和存在的故障情况。同时，智能运检系统还可以提供决策支持功能，通过数据分析和模型预测，为运维人员提供优化运维方案和故障处理建议。

2. 信息采集

电流、电压、功率等参数的监测，通过智能配变终端设备和传感器对电力系统中的电流、电压、功率等关键参数进行实时监测。这些参数可以反映线路的电力负载情况以及异常变化，有助于判断是否存在单相接地故障。监测配变终端设备的状态信息，如开关状态、温度、电池电量等。例如，当出现异常开关状态或高温情况时，可能表明存在线路单相接地故障的征兆。

使用绝缘监测装置对线路绝缘状况进行监测，可以及时发现绝缘阻抗下降等问题，从而判断是否存在单相接地故障的可能性。配变终端设备可以记录和存储发生的故障事件，如过流、过温、短路等。这些记录可以作为进一步分析判断单相接地故障的依据。对线路周边的环境参数进行监测，如气温、湿度等。在特定环境条件下，可能会增加线路单相接地的风险。

3. 技术设计

智能配变终端和传感器是该技术架构的核心硬件设备。智能配变终端需要具备数据采集、处理和通信功能，能够实时获取电力系统的运行数据。传感器可以安装在配电线路和设备上，用于监测电流、电压、温度等参数。智能配变终端通过采集器将实时数据从配电线路传输到数据中心或云平台。可以使用有线通信方式（如以太网）或无线通信方式（如GPRS、4G/5G、LoRaWAN等）进行数据传输。同时，需要确保数据传输的安全性和稳定性。

采集到的数据存储于数据中心或云平台的数据库中，并进行处理和分析。可以利用大数据和人工智能技术，对数据进行清洗、聚合、建模和分析，以便从中提取有价值的信息和故障特征。通过对历史数据和实时数据的分析，结合机器学习和模式识别等算法，可以实现对配电线路的故障诊断和预测。例如，通过比对线路数据和标准数据，可以判断是否存在单相接地故障，并通过故障特征提取和分析，确定故障的类型和位置。

将故障诊断和预测的结果以可视化界面的形式展示给运维人员。运维人员可以通过界面直观地了解系统的运行状态和故障信息，并根据系统提供的建议制定相应的处理方案。一旦检测到故障，系统可以自动发出报警信号，并向相关人员发送故障信息。同时，还可以实现远程控制功能，通过智能配变终端控制器对配电线路和设备进行操作和调节。

4. 技术实现

硬件设备部署，需要在智能配变终端和配电线路上安装传感器和控制设备，用于数据采集和远程操作。传感器可以采集电流、电压等参数数据，而控制设备可以实现对线路的远程控制。此外，还需要部署通信设备，确保数据的传输和交换。数据采集与传输，利用安装在智能配变终端上的传感器，实时采集电流、电压等关键参数数据。采集到的数据通过有线或无线通信方式传输到数据中心或云平台。可以选择使用标准协议（如Modbus）进行数据采集和传输，也可以自行设计通信协议与系统对接。

数据存储与处理，将采集到的数据存储于数据中心或云平台的数据库中，并进行清洗、聚合和处理。可以利用大数据技术和人工智能算法对数据进行分析 and 建模，以发现潜在的单相接地故障特征。同时，结合历史数据和实时数据，进行故障检测和诊断。故障检测与诊断，通过对历史数据和实时数据的分析，结合机器学习和模式识别技术，可以实现对单相接地故障的检测和诊

断。运用算法或模型，比对线路数据和参考数据，判断是否出现单相接地故障，并提取分析故障特征，确定故障类型和位置。可采用监督学习、无监督学习或深度学习等方法进行故障诊断。

报警与告警，一旦检测到单相接地故障，系统可以自动发出报警信号，并向相关人员发送告警信息。通过设置阈值或规则，当数据异常时触发报警，通知运维人员及时处理。可以选择多种方式进行告警，如短信、邮件或手机应用推送。远程控制与维修支持，根据故障诊断结果，可以实现远程控制功能，通过智能配变终端的控制器对配电线路进行操作和调节。运维人员可以远程控制开关或继电器，切换线路状态进行故障处理。此外，系统还可以提供维修支持，提供故障分析报告、维修指南和维修记录等，帮助运维人员进行决策和维修^[5]。

结语

智能配变终端配电线路单相接地故障智能运检技术是电力行业发展的重要方向之一。该技术的应用可以帮助电力公司和运维人员实现对配电线路的远程监控和故障诊断，及时发现和修复故障，有效减少停电时间和降低电力事故的发生率。然而，智能配变终端配电线路单相接地故障智能运检技术的应用还面临着一些挑战，需要电力企业及相关技术团队共同努力，加强研究和开发，推进技术的创新和应用，确保技术的可靠性和安全性，提升运维效率，为电力企业的可持续发展做出贡献。

参考文献

- [1] 栾晓明. 配电网主动型接地装置与接地故障处置研究[D]. 山东大学, 2023.
- [2] 孙迅雷, 吴梦超, 杨旭凯等. 一种配变终端自动检测系统研制及应用[J]. 电工技术, 2022, (20): 163-166.
- [3] 燕跃豪, 罗慧, 刘翼等. 基于智能配变终端的低压配电网智能运检体系[J]. 电气技术与经济, 2022, (03): 44-46+76.
- [4] 刘安苙, 肖小兵, 龙秋风等. 配电线路单相接地故障的自愈策略[J]. 集成电路应用, 2022, 39(03): 266-267.
- [5] 卢丹, 刘洋, 张琳娟等. 基于智能配变终端的台区典型应用研究与设计[J]. 农村电气化, 2021, (07): 12-15.