

基于继电保护的电力系统故障检测与定位技术研究

吕雪扬

国网河南省电力公司新乡县供电公司

摘要: 目前继电保护整定计算中整定参数应用错误, 参数设置错误, 电网结构、未知的零序互感阻抗及其他不确定的影响因素对继电保护整定计算的影响是极为隐蔽的, 不易发现, 为深入研究电力系统的故障诊断与恢复策略, 本文构建了一种基于人工智能(深度置信网络)的电力系统故障诊断系统, 旨在实现故障的快速定位。重点分析配电网故障的识别与处置方案, 以期为电力企业管理提供更多参考。

关键词: 继电保护; 电力; 故障; 检测; 定位

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2022.12.207

一、引言

由于电力系统复杂的系统结构、多变的外部环境以及潜在的故障风险, 其面临着各种潜在的故障隐患, 如线路故障、设备损坏、负荷失衡等, 这些故障不仅会影响电网的正常运行, 还可能导致停电事故和安全隐患。在这样的背景下, 通过引入人工智能技术对电力系统故障诊断与恢复策略进行研究, 具有重要的理论意义和实际应用价值。

二、基于继电保护的故障检测与定位技术的优势和潜力

1. 高效准确的故障检测

继电保护系统高效准确的故障检测是基于其对系统进行实时监测和分析的能力。继电保护系统可以通过监测电流、电压等参数的变化, 并与预设的故障判据进行比较, 及时发现故障点。相比于传统的人工巡视或手动检测, 继电保护系统的检测精度和敏捷性更高, 能够快速准确地定位故障点, 从而提高整个电力系统的可靠性。

为了实现高效准确的故障检测, 继电保护系统采用先进的传感器和数据采集技术, 能够实时采集电力系统各个节点的电流、电压等参数, 并将数据传送到中央处理单元进行分析。通过对历史数据的统计和分析, 继电保护系统可以建立故障模型, 进一步提高故障检测的准确性。此外, 继电保护系统还可以与其他智能设备和系统进行互联, 实现更高级别的故障检测和分析。

2. 全面的故障定位能力

继电保护系统不仅能检测出电力系统中的故障, 还能准确地定位故障的位置。故障定位是通过分析故障产生时的电流、电压波形特征, 结合拓扑结构和参数配置等信息, 精确地确定故障位置, 并提供相应的故障信息。这样, 运维人员可以迅速找到故障点, 进行相应的修复和维护工作, 从而减少故障对电力系统运行的影响。这种全面的故障定位能力对于快速排除故障、减少停电时间具有重要意义。

3. 智能化及预测性的潜力

继电保护系统在智能化和自动化方面有着巨大的潜力。通过使用先进的数据分析算法和人工智能技术, 可以从电力系统的大量历史数据中提取规律和特征, 建立故障模型并进行预测。这种基于数据驱动的方法可以帮助我们更好地理解电力系统的运行状态, 提前预警潜在的故障风险, 并采取相应的措施防止故障的发生。

继电保护系统的智能化和自动化还可以体现在故障发生时的保护动作。当故障发生时, 继电保护系统可以自动触发相应的保护动作, 例如断路器的跳闸, 以保护电力设备的安全运行。这种自动保护动作可以减小故障的影响范围, 防止故障扩大, 保障电力系统的稳定运行。

三、变电站继电保护装置故障及原因

继电保护装置在使用过程中, 由于运行环境、运行时间等因素的影响不可避免地会出现各种故障, 需要电力企业结合故障实际情况分析故障的发生原因并采取针对性解决措施。现阶段, 变电站继电保护装置的常见故障以及发生原因主要有以下几种。

1. 干扰因素导致的故障

当继电保护装置在运行过程中受到干扰因素的影响时, 会导致保护装置发生干扰因素故障, 致使保护装置无法正常运行。常见的干扰因素主要有电磁辐射、静电、直流电等, 如果保护装置内置微机系统的抗干扰能力较弱, 继电保护装置就会极易受到干扰而发生故障。例如, 继电保护装置周边存在大量通信设备时, 便有可能因为通信设备释放出的电磁辐射而影响运行, 干扰严重时, 甚至会导致保护装置内部的逻辑元件错误判断线路故障而做出错误保护动作, 切断正常工作的线路或设备; 变电站工作人员身上携带静电时, 与电路接触会产生放电现象, 致使保护装置做出错误保护动作。

2. 整定定值因素导致的故障

工作人员在执行电力调度命令的过程中错误输入整定值时, 会出现电力调配不当的问题, 系统整定值计算错误, 无法满足变电站系统的正常运行需要, 致使继电保护装置错误判断电力系统运行情况而发生故障。除却

人工操作因素外, 继电保护装置使用年限过长时, 会导致保护装置内部出现老化现象影响运行性能, 致使整定定值发生故障。

3. 指示装置因素导致的故障

通常情况下, 继电保护装置检测到变电站系统运行故障时, 会自动停止工作, 并通过指示装置向工作人员反馈故障情况。故障指示装置是工作人员获取故障信息的重要途径, 如果指示装置出现故障, 会给工作人员提供错误故障信息, 致使工作人员做出错误判断, 进而在处理故障的过程中发生错误, 破坏电网系统的稳定运行。指示装置老化严重时, 便会由于内部线路故障而导致指示装置故障。

4. 数据获取因素导致的故障

数据获取因素而导致的继电保护装置故障较多发生于智能变电站中。智能变电站在实际运行时, 涉及单套配置设备、双套配置设备间的数据互换、共享问题, 需要跨网才能够实现。目前跨网操作所使用的技术均存在一定的技术缺陷, 操作不慎就会直接影响全站过程层网络的运行, 致使出现局域断网等问题, 继电保护装置的运行环境也将受到影响, 致使其无法正常发挥作用。

四、基于继电保护的电力系统故障检测与定位技术

1. 基于电流、电压等量值的故障检测

基于电流和电压等量值进行故障检测是一种常用的方法。电流和电压是电力系统运行过程中最基本的物理量, 通过实时采集电流和电压的数值, 并与预设的故障判据进行比较, 可以判断是否存在异常情况, 进而确定可能的故障点。在这种方法中, 过/欠电流保护是最常见的一种方式。当电流超过或低于预设的阈值时, 电力系统会触发保护动作, 即切断故障电路或通知运维人员进行相应处理。同理, 过/欠电压保护、频率保护等方式也利用了电流和电压等量值来判断故障的存在。

基于量值的故障检测方法具有简单、直接的特点, 可以在实时性要求较高的情况下快速发现故障, 保障电力系统的安全运行。

2. 短路信号判断与处理

无论是哪种类型过流保护, 是否出现配电网永久性故障或断路器重合闸异常, 检修部门必须立即排查故障线路, 缩短故障点、故障范围的确定时间, 及时隔离故障线路, 加快修复配电网, 使其恢复正常运行, 避免影响正常供电。

短路故障检测与处置过程中, 检修人员必须精准判断短路信号, 从而准确处理短路故障: (1) 及时检查开关位置与开关状态, 检查重合闸加速动作。特殊情况下重合闸保护会正常投入, 当带电作业、线路故障等特殊情况发生后, 需要临时解除重合闸保护, 解除硬压板是临床解除重合闸保护的主要措施。若线路故障并跳闸, 同时观察到开关断开、信号无出口情况, 此时需同

步查看保护信号与配电线路的实际情况, 确认电力系统是否正常运行, 确保是否存在用户停电情况。(2) 当过流 I 段跳闸, 初步判定配电线路全长前60%, 或出现1km位置是故障点, 检查人员可从线路首端至末端全线排查, 加快确定故障点。(3) 当过流 II 段跳闸, 初步断定配电线路全长后40%, 或线路后90%为故障点, 检查人员需从线路末端至首端全线排查, 进而确定故障点。

(4) 当过流 III 段跳闸, 及时排查是否为过负荷、设备毁损、线路漂浮物等原因导致的配电网故障。(5) 过流保护后若加速跳闸, 可能原因有二, 其一永久性故障, 此故障出现在开关闸中, 其二开关合闸引发的加速跳闸故障, 此故障是瞬间励磁涌流引起的。若为第一种原因, 按照过流保护进行跳闸处理, 若为第二种原因, 拉掉部分支路开关, 分段依次送电。送电的同时监测线路, 重新对线路负荷进行转移, 重新调整定值^[3]。

在短路故障检测与处理过程中, 需准确分析影响电力系统配电网故障的判断因素, 主要因素包括: 配电网线路没有实测参数, 定值计算都为理论值, 计算结果存在偏差; 配电网运行过程中存在较多的架空线路, 线路中存在过渡电阻, 这会对配电网故障判定有较大影响。

3. 故障检测与自动隔离

随着深度置信网络在电力系统故障诊断中的广泛应用, 故障检测与隔离过程正在变得更加高效和自动化。DBN在故障的早期预测中显示出其优越的非线性特征提取能力, 这可以大大减少因故障造成的损失。通过实时监测电力系统的状态, DBN可以迅速识别出与正常设备运行模式有显著差异的异常数据模式。在检测到这类异常数据后, 系统可以立即启动预设的隔离协议, 以自动隔离受影响的电力线路或设备, 最小化故障影响范围和持续时间。其次, 采用人工智能的故障响应系统, 可实现对重要基础设施的实时保护。同时, 这种自动化的隔离可以防止故障扩散到电网的其他部分, 避免产生系统性的大面积停电。此外, 实时数据监控还可以加快事故处理流程, 为后续的恢复准备提供可靠的数据支持。

故障诊断完成后的第二个重要步骤是故障原因的分析与评估。基于故障类型诊断的具体结果, 可进一步分析相关故障原因, 并对设备的运行状态、故障发生的环境因素及历史维护记录进行综合评估。基于人工智能的电力系统故障诊断系统, 不仅可以通过识别与故障相关的模式来揭示故障起因, 还能评估故障的潜在风险和影响程度, 从而为制定恢复策略提供支撑。例如, 如果故障与过载有关, 诊断系统可以提出增加线路容量或升级设备等策略; 若故障为外在因素导致, 比如自然灾害, 诊断系统则可以提出提高基础设施抵抗自然灾害能力的改进措施。

4. 基于频率特征的故障检测

频率是电力系统运行的重要指标, 有故障会导致系

统的频率发生异常。基于频率特征的故障检测方法可以通过监测电力系统频率的变化来判断故障的存在。通过安装频率监测设备在电力系统中实时获取频率数据。这些设备可以根据电力系统的特点,选择合适的位置进行布置,如发电机出口、变电站等。频率监测设备可以连续地记录电力系统的频率变化情况,然后对采集到的频率数据进行分析,通过计算频率的变化率、变化幅度等指标,判断是否发生了故障。通常,电力系统的频率变化较小且稳定,当频率超出预设的阈值范围时,可以认为故障发生;当检测到频率超出阈值时,故障检测系统会发出警报,通知运维人员进行进一步的故障排查和修复。系统通过声音、光信号、短信等方式进行警报通知,确保运维人员能够及时响应。

基于频率特征的故障检测方法具有敏感性高、响应快的特点,可以快速检测到故障的发生,尤其对于短暂故障和突发故障具有较好的检测效果。

5. 优先级划分与资源调配

在电力系统故障恢复过程中,资源的有效调配对于迅速恢复供电至关重要。借助人工智能,可以实现对故障的优先级进行智能划分,并据此调配修复人员和设备。深度置信网络除了能够诊断故障类型,还可以为每个故障案例评估影响程度,并根据影响的严重性、修复的紧急性、资源的可用性以及社会经济价值等多维度因素,自动化地制定故障处理的优先级。基于这样的优先级评估,电力公司可以更加科学地调度紧急抢修团队和必要的维修设备,将资源优先投入到对社会影响最大或最迫切需要恢复的区域。

6. 基于波形比较和差异分析的故障检测

基于波形比较和差异分析的故障检测方法是通过采集电流、电压波形数据,进行比较和分析来识别系统中的故障。正常情况下,电流和电压波形应该是平滑对称的,但在故障发生时,电流和电压波形会出现不对称、畸变或截断等特征。通过记录正常工作状态下的波形数据,并与实际运行时采集的波形数据进行比较和分析,可以检测到波形的异常变化,进而判断故障的存在并定位故障点。例如,在线路短路故障中,电流波形通常会呈现剧烈的变化,通过分析这些波形特征,可以准确地识别故障的位置。

基于波形比较和差异分析的故障检测方法具有精确性高、灵敏度强的优势,尤其适用于复杂故障和非对称故障的识别。同时,通过波形的详细分析,还可以获取更多关于故障类型和原因的信息,为后续的故障处理和维修提供指导。

7. 故障定位结果的呈现和应用

故障定位结果的呈现和应用对于电力系统的故障排查和修复具有重要意义。通过可视化界面可将故障定位结果直观地呈现给运维人员,如在系统图上标注出故障

位置,使用不同的颜色、符号或标签来表示不同类型的故障,帮助运维人员快速定位问题所在。通过建立电力系统的三维模型,可将故障定位结果以立体形式展示。运维人员可以通过旋转、缩放和平移等操作,观察系统中的故障位置和相应的参数变化,更加直观地了解故障的影响范围和扩散情况,将故障定位结果与其他故障诊断方法相结合,进行数据分析和处理。此外,通过对故障定位结果进行统计分析、趋势分析和模式识别等,可以进一步提高故障定位的准确性和可靠性。例如,利用机器学习算法对历史故障数据进行训练,建立故障诊断模型,从而实现自动化的故障定位和诊断。

8. 多元化继电保护技术

传统的继电保护技术主要依靠电流、电压等物理量值进行判断和控制,随着电力系统的变革,新的能源形式和电力设备,如风电、光伏发电、电动汽车等的加入,对继电保护技术提出了新的挑战。因此,研究多元化继电保护技术成为当前的趋势之一。如利用频率的变化来判断电力系统的稳定性和故障状态,尤其适用于新能源接入时的系统稳定性分析和自适应调整;通过对电力系统潮流的分析,结合先进的数学模型和算法,实现对电力系统运行状态的监测、评估和保护动作的决策;利用大数据技术和深度学习算法,对电力系统数据进行分析,挖掘电力系统中隐藏的特征和规律,为继电保护系统提供更准确、可靠的参数设置和保护策略。

多元化继电保护技术的研究,能更好地适应电力系统复杂多变的运行环境,提高电力系统的安全性和稳定性。

结束语

综上所述,保持配电线路正常工作,对维持电力系统稳定有重要的推动作用,加强配电线路故障的检测与处置,对减少线路故障,维持电力系统稳定有重要作用。未来的研究应该集中在提高故障检测和定位的准确性、增强智能化继电保护系统的功能,以及推动继电保护技术与其他电力系统技术的融合,以进一步提高电力系统的可靠性和安全性。

参考文献

- [1]许玉柱.新型电力系统的配电网故障检测与处置要点探究[J].电气技术与经济,2022,(02):384-386+389.
- [2]张海静,王黎黎,刘通等.基于继电保护故障分析整定管理系统的故障分析方法研究[J].电气技术与经济,2022,(02):349-351+361.
- [3]郭佳强.基于人工智能的电力系统故障诊断与恢复策略研究[J].中华纸业,2021,45(02):86-88.
- [4]方易卉,金祎婧,张筠清.基于继电保护的电力系统故障检测与定位技术研究[J].家电维修,2022,(02):80-82.