

综合配电箱短路性能优化策略分析

王新杰

河南平高通用电气有限公司 467000

摘要: 随着电力系统智能化的发展,综合配电箱在智能电网中的角色越发重要。综合配电箱不仅实现了电能的高效分配和计量,还增强了电网的安全性和稳定性。文章分析了短路问题在智能化背景下的复杂性,并探讨了通过增强结构设计、集成智能监控系统和优化应急响应策略来提升配电箱的短路处理能力。特别是对故障预测技术和实时数据监控的应用,显示出在控制电网故障扩散和最小化损失方面的重要性。此外,文中还详细讨论了通过技术和管理创新确保系统的高度弹性和快速恢复能力。

关键词: 综合配电箱,智能电网,短路故障,故障预测,应急响应

智能电网技术的进步推动了电力系统向更高效率和智能化方向发展。在此背景下,综合配电箱作为电网的重要组成部分,其性能和可靠性直接关系到整个电力系统的安全运行。短路问题作为配电箱常见的电气故障之一,对设备和人员安全构成了严重威胁。因此,分析和优化配电箱的短路处理能力,不仅可以提高电网的稳定性,还可以减少由电力故障引起的经济损失。

一、综合配电箱智能化发展与短路问题

智能电网就融合多种技术手段以及工艺设备实现电网系统的智能化发展。智能电网的建设可以有效提高资源利用效率,具有优化能源的优势,根据数据分析可以发现,在2022年全球智能电网市场规模达到了513.3亿美元,而通过数据分析预计在2026年为1034亿美元,其中在2021-2026年中的复合增长率为19.1%。在我国智能电网建设工作开展中,做好电力基础设施建设,强化基本构成单元的智能化发展,可以有效优化电力传输、分配的功能,在一定程度上提高用电设备的保护以及控制能力。其中综合配电箱作为基础性的设备,在应用中具有电能分配、计量以及保护控制的功能,同时可以实现无功补偿,在各个领域中应用广泛。可以说提高综合配电箱的性能,可以充分保障电网运行的安全性,增强电网系统的稳定性^[1]。

随着我国产业的升级发展,电力系统的智能化、数据化,融合智能化技术也得到大幅提升。综合配电箱也呈现向智能化发展的趋势,应用了大量的智能化电气元件,而这些元件的可靠性尚没有得到长期的运行验证。其抗干扰能力不足的话,无法有效消除外部电磁感应影响,会导致内部结构损坏等问题,进而增加设备短路等问题出现的几率。

因为电弧故障等因素出现的短路问题,会产生严重损害,甚至会危害操作人的人身安全。短路容量会直接影响电弧的能量大小,

在电弧被点燃之后会产生严重的爆炸性压力以及高温。如果在密闭设备中出现短路问题,又没有减压装置等处理存在的高温气体,则会导致外壳爆炸等问题;由短路导致的电弧转移中也会出现设备损坏等问题,这样不仅仅会产生严重人员伤亡事故,也会造成严重的经济损失^[2]。

二、综合配电箱短路故障问题

(一) 综合配电箱结构分析

某供电线路的综合配电箱额定电压参数为400V,交流频率参数为50Hz,其中电源中性点通过直接接地的方式与低压电网连接。变压器容量参数为400kVA,通过一进三出的方式与对应下级配电箱连接,其中进线保护采用NRT36型熔断器,三路线保护采用400A的剩余电流断路器进行过载保护,剩余电流断路器与分路熔断器连接。综合配电箱中主要包括受电、馈电以及检测等不同的单元,各个单元结构通过隔弧板进行封闭性处理。其主要配电图如图1所示。

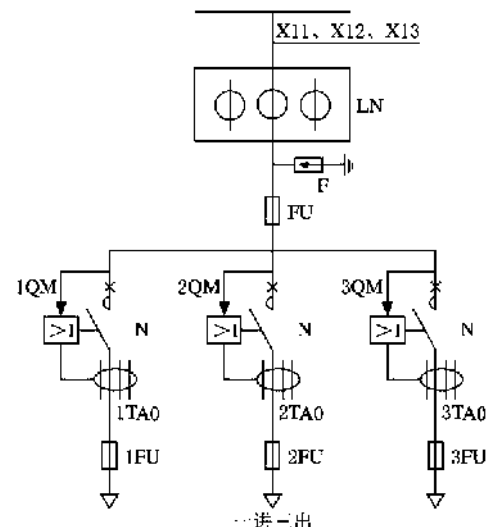


图1. 配电系统图

(二) 短路故障

此综合配电箱在安装完毕之后,系统正常投入运行,操作人在闭合 2QM 出线剩余电流断路器时出现了短路故障,配电箱内出现大量烟雾,烧毁两台剩余电流断路器设备。

观察现场状态,其中 1QM 剩余电流断路器的三相进线铜排烧毁,长度为 10cm。而 2QM 剩余电流断路器的两相进线铜排出现烧口,宽度为铜排宽度的二分之一;3QM 剩余电流断路器没有出现损坏。进线保护器没有出现熔断,在箱内的烟雾呈现左右的扩散趋势,表面故障问题点为 1QM 进线端。1QM 属于备用线路,并没有设置出线电缆结构,也不存在负荷。而在操作中先合上变压器中的高压侧熔丝,配电箱中 FU 熔断器处于连接的状态,三个出线断路器进线端均存在电压,在此种状态中并没有出现短路等问题。在进行 2QM 合闸时导致 1QM 出现短路的问题。

综上所述可以确定此次短路问题主要是因为闭合 2QM 时导致的异电异物移动而出现的短路故障,短路后产生了大量的烟雾,含有导电离子的气体呈现扩散的趋势,同时发现在三个断路器的进线端铜排中并没有按照要求设置隔板,在出现短路时,故障点与综合配电箱的垂直母线位置距离较近,同时临近系统电源,故障产生的最小两相短路电流产生的绝对数值则相对较大。

在低压系统出现短路回路中其正序电阻为 $R=4.34m\Omega$;

正序电抗为 $x=9.80m\Omega$;

短路点间距通过进行表示 $d=80mm$

则可以获得最小三相金属性短路电流参数的有效值,通过公式:

$$I''_{K(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} * \sqrt{R^2 + X^2}} = 20.5KA$$

通过计算则可以确定是因为短路电流在 0.1s 中导致的熔断器断裂的问题^[3]。

(三) 综合配电箱短路故障分析

第一, 电弧短路故障分析

基于此次电弧短路故障对其进行综合性的分析,电弧中具有显著的电阻特性,这样则会导致电弧短路产生的电流相对于金属性的短路电流来说较小,而在低压系统中电弧电压在整个电源电压中的占比相对较大,这样则会导致电弧短路产生的电流要小。

第二, 电弧电压影响因素

电弧电压受到多种因素的影响,通过分析最大电弧电压产生的

最小短路电流参数,在理论上来说则可以获得电弧的电流参数,但受到实际因素的影响无法获得结果。因此,根据简化的方式进行电弧电流的参数计算,综合曲线特征,则可以确定 0.1s 中电流是无法导致熔断器出现熔断等问题的。

短路电弧绝对值如果出现电弧,其中心温度则可以达到 10000℃,电弧表面温度则会达到 3000-4000℃,其中铜的熔点为 1080℃。电弧表面温度已经超高了铜的熔点,达到了 2800℃的时候则会导致铜导线出现电离以及汽化等问题。而在 1QM 断路器中出现电弧短路等问题,产生了高温烟雾以及含有导电离子的气体结构,呈现扩散发展的状态,会进入到临近的断路器上端的铜排位置,这样则会导致出现相间短路等问题,在铜排出现燃烧的时候整个电弧结构会被拉长,随着电弧电压数值的增加,其产生的短路电流会呈现减小的态势,而如果电压高于电网的电压则整个短路的电流会逐渐减少到零,这样电弧也会熄灭。在出现短路事故之后配电柜上部以及部分的电器元件变为黑色,损坏了两台剩余电流断路器结构^[4]。

第三, 断路器结构分析

通过分析断路器结构则可以发现,在出现短路事故的时候,其中 1QM 断路器呈现分闸的状态,并没有连接负载,而其表面结构呈现喷烧的状态,内部的电子线路等并没有出现损坏,断路器的主要回路结构也没有出现损坏。而 2QM 断路器在短路故障中属于合闸的状态,在表面以及内部结构中没有出现损坏问题,内部的电子结构干净且没有受到损坏,断路器上端位置的动静触头受到外部因素的影响,出现了高温溶解的变化。对两台设备通过仪器进行辅助检测,发现并没有出现短路等问题,内部的元器件也并没有因为短路而出现的烧蚀等问题,则可以排出内部短路开关而出现的故障问题。分析综合配电箱则发现在壳体的上端存在少量的铜质切削屑,通过分析则可以发现在 2QM 断路器合闸的时候导致切削屑出现移动,进而诱发了电弧短路的问题。

(四) 短路成因

第一, 违规操作

通过分析则可以发现,出现短路问题主要是因为配电箱的生产厂家在装配中违规应用电钻等设备产生了切削屑,这些切削屑在断路器等结构的上端遗留,在设备运行中受到震动等因素的影响而出现了短路故障问题。

第二, 隔板设置问题

配电箱中出线断路器没有根据技术要求设置和安装隔弧板,如果根据操作标准进行隔弧板的安装则不会因为外部异物等因素出现相间短路等问题。

三、综合配电箱短路性能优化策略

(一) 限制电流强度与持续时间

限制故障短路电流强度以及持续时间,则可以实现控制灾害程度。系统供电系统设计中要综合分析,通过限流断路器以及熔断器等方式进行短路电流强度的控制和处理,这样则可以利用带短路装置的相关故障电弧防护设备的方式进行电弧持续时间的控制,利用限流器等方式进行能量的控制,则可以有效降低因为短路而出现的灾害问题。

(二) 设置隔弧板

为了保障综合配电箱的稳定性,降低短路等故障问题,在结构设计中要通过隔弧板的方式进行各个功能室的分隔处理,这样则可以有效避免电弧蔓延等相关问题,降低短路故障影响的范围,便于后续的优化以及修复。在进行隔弧板的安装以及设计中要结合实际状况预留泄压通道,这样则可以在短时间里快速释放产生的故障压力,保障整体安全性。同时,在设计中要做好门锁结构的优化和在综合配电箱的整体性设置,降低不良影响。

(三) 提高系统稳定性

降低短路等问题产生的安全隐患,在设计中就要分析短路导致的电弧压力释放等问题,通过设置泄压装置的方式保障安全性。但是部分设备为户外设置无法设置,在箱体中隔离出不同的功能室,这样也会在一定程度上导致内部短路产生的电弧无法有效释放,因此在设计中要综合压力释放通道等相关问题。各个功能室顶部要通过联通的方式进行设计,构建一个泄压通道结构,在两侧设置对应的通风口,将其作为泄压孔,这样则可以快速分散因为短路而产生的电弧压力等问题,在散热孔的位置设置向下的防护罩,引导气流的向下排放。

(四) 科学安装,系统检验

配电箱生产以及安装企业要结合实际状况,做好技术规范以及检查,提高各项规定的执行能力,要根据配电箱基础要求进行技术检验,严格制定各项技术标准,做好绝缘测试,这样才可以有效避免短路等安全隐患问题的出现几率。

四、故障预测与实时监控技术的应用

(一) 部署传感器以实现关键参数监控

综合配电箱的运行安全和效率可通过实时监控系统的提升。安装传感器来监测电流、电压和温度等参数,为系统提供关键的实时数据。这些传感器能够捕捉到任何异常变化,如电压波动或过热情况,这些往往是短路问题的前兆。通过实时数据,操作团队可以迅速识别和解决这些异常,从而防止它们演变成更严重的故障。此外,通过监测设备的负载平衡,可以有效预防因过载而引起的短路。

(二) 运用高级数据分析技术进行故障预测

利用高级数据分析和机器学习技术,可以对从传感器收集的大量数据进行深入分析,以预测和识别可能的故障模式。例如,机器学习模型能够通过分析历史数据学习并预测电力系统中的异常模式,从而实现故障的早期识别。这种技术可以设定阈值,一旦监测到的数据超出正常运行范围,系统即自动报警,提示操作人员进行检查或维护。此外,这些分析工具还能评估设备性能退化的速度,提供更精确的维护和更换时间表,优化维护周期和成本^[1]。

(三) 集成智能控制系统以增强自动化响应

集成智能控制系统可以根据实时数据和预测分析自动调整电网的运行状态,以避免潜在的短路和故障。例如,如果系统预测到某个分区可能出现短路,智能控制系统可以自动重新配置电网,调整或切断该区域的电源,防止短路发生。这种自动化控制不仅限于预防短路,还可以在发现初期故障迹象时自动隔离受影响部分,限制故障扩散。智能系统还可以在非高峰时段自动执行设备的测试和复位操作,确保电力系统的整体健康。

五、应急响应与恢复策略

(一) 建立全面的故障检测与即时报警系统

在综合配电箱的故障检测系统中,多种传感器的部署是关键。电流传感器能够检测过载或短路情况,温度传感器可监测设备过热,电压传感器则监控电压波动或断电情况。这些传感器的数据通过高速通信网络实时传输至中央控制系统,确保任何异常都能被立即发现。当系统检测到异常时,集成的报警系统会自动触发,发出声音和光信号,同时通过电子通讯方式如短信或电邮迅速通知控制中心和负责现场操作的人员。这种即时的反应机制极大减少了反应时间,提升了处理紧急情况的效率。自动诊断功能进一步增强了系统的智能化水平。它通过对历史数据和实时数据的分析比对,不仅可以识别出故障类型,还能推测故障原因,比如设备老化、安装错

误或外部因素干扰等。

(二) 执行快速隔离与故障区域切断

当短路发生时,快速隔离故障区域是防止损害扩散至电网其他部分的关键步骤。为此,系统中安装的自动断路器和隔离开关起着至关重要的作用。这些设备设计精良,能在发现电流异常迅速增加时,立即自动断开故障区域的电源连接。断路器和隔离开关的响应时间通常在毫秒级别,足以在电气故障造成更广泛影响之前,断开故障线路。此外,应急控制系统还应具备高度的远程操作能力,允许运维团队通过安全的控制中心界面对设备进行远程控制。

(三) 组织紧急维修与恢复作业

紧急维修团队在电力系统的稳定和恢复中扮演着至关重要的角色。团队成员都必须经过严格的专业培训,掌握高级的故障诊断技能和各种电力设备的维修知识。他们能够快速确定故障原因,从简单的线路问题到复杂的系统故障,无不精准处理。维修团队的效率直接影响到故障恢复的速度,因此他们的培训和准备工作需达到高标准。在故障区域被隔离后,维修团队会被迅速派往现场,携带所有必要的应急恢复工具和备用部件。这些工具和部件都经过精心选择和测试,以确保它们能在各种环境下迅速有效地进行故障修复。针对那些无法立即修复的重大故障,团队将部署移动变电站或临时供电设备,这些设备可以在短时间内恢复关键区域的电力供应,确保不影响正常运营和服务。

(四) 进行定期的应急演练与培训

通过定期的应急演练,电力设施确保所有操作员和技术团队能高效应对短路和其他电力系统紧急情况。这些演练模拟真实的故障情况,从故障的初始检测到隔离处理,再到最终的修复和系统的全面恢复,覆盖应急响应的每一个环节。通过这种全方位的实战演练,不仅增强了团队对故障处理程序的熟悉度,还有助于评估和优化现有的应急流程。演练中发现的任何流程缺陷或执行问题都会被记录和分析。根据演练的反馈,相关部门会调整和改进操作流程,增强系统的可靠性和团队的响应能力。此外,随着技术的不断进步和操作环境的变化,定期更新培训材料和技术指南也至关重要。

(五) 优化系统设计以提高弹性

在设计现代电力系统时,灵活性和弹性是两个核心原则,确保

系统即便部分组件失效,也能保持操作的连续性和服务的可靠性。冗余设计是实现这一目标的关键方法,例如通过实施双电源供电系统。这种设计允许系统在主电源出现故障时自动切换到备用电源,从而无缝维持电力供应,保证关键操作的持续进行。此外,备用控制中心的设置也是增强系统弹性的重要部分。在主控制中心遭受故障或其他影响时,备用控制中心可以接管系统管理,确保电力网络的监控和控制不受中断。这些措施一起,大大提高了系统对故障的抵抗能力和恢复能力。在硬件方面,合理的维护通道设计和模块化设备的使用也极为关键。模块化设计使得各个组件可以快速更换,不需要长时间的系统停机。这种设计不仅优化了维护效率,还减少了因维护或故障修复引起的停电时间,极大地提升了整个系统的运行效率和可靠性。

结束语:

通过深入分析智能电网中的综合配电箱问题,突出了短路故障的严重性及其对电网安全运行的影响。通过实施先进的故障预测技术和实时监控系统,电力系统能够有效地预防和快速响应短路事件,极大地提高了电网的可靠性和稳定性。未来,随着技术的不断进步和电力需求的增加,推动配电箱技术创新和系统设计优化将是提升电网性能的关键。此外,加强应急响应能力和系统恢复策略的研究也将为智能电网的持续安全运行提供强有力的保障。随着全球对智能电网投资的增加,配电系统的智能化管理和故障处理能力预计将得到进一步的加强和完善。

参考文献:

- [1]季荣荣. 浅议降低综合配电箱内部温升的方法 [J]. 农村电工, 2023, 31 (08): 45.
- [2]王新杰,李腾虎. 一种低压综合配电箱温升性能提升优化 [J]. 电工电气, 2023, (07): 74-76.
- [3]呼振华, JP 带接地功能智能综合配电箱. 浙江省, 登高电气有限公司, 2020-12-11.
- [4]陈小敏. 浅谈低压综合配电箱的设计 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2020, (20): 129-131.
- [5]张学军. 低压综合配电箱短路耐受强度影响技术分析 [J]. 市场监管与质量技术研究, 2024, (01): 6-8.