

35kV系统高压开关柜结构优化设计

闫建成

国家电投铝电公司青铜峡铝业分公司 宁夏 吴忠 751603

摘要: 本文主要探讨35kV系统高压开关柜的结构特点及其优化策略。开关柜由坚固的柜体和内部多种功能元件组成,每个部分都发挥着关键作用。为了提升开关柜的性能,本文从多个角度提出了优化措施,包括合理布局以增强绝缘性能,模块化设计提高安全性和可维护性,应用高性能元器件确保稳定运行,以及优化柜体设计来提升散热效果。还强调了智能监测与控制技术的引入,旨在保障开关柜的可靠性与运行安全。

关键词: 35kV系统; 高压开关柜; 结构优化

引言随着电力系统的不断发展,35kV系统高压开关柜作为电力传输与分配的关键设备,其结构设计与优化对于保障电力系统稳定可靠运行具有重要意义。本文旨在探讨35kV系统高压开关柜的结构特点及其优化方法,通过合理布局、模块化设计、高性能元器件应用及智能化监测等手段,提升开关柜的安全性能、绝缘性能及散热能力,为电力系统的安全运行提供坚实保障。

1 35kV系统高压开关柜结构的概念

35kV系统高压开关柜是电力系统中极为重要的设备,用于在35kV电压等级下对电路进行控制、保护和监测。(1)其结构设计需满足电气性能、机械性能以及安全防护等多方面要求。从整体架构来看,35kV系统高压开关柜主要由柜体和内部电器元件两大部分组成。柜体被划分为多个功能隔室,包括断路器室、母线室、电缆室和仪表继电器室等。断路器室是开关柜的核心部分,用于安装断路器。(2)断路器作为控制和保护电路的关键设备,在正常运行时能够接通和断开负荷电流,在故障情况下能迅速切断短路电流,保护电力系统设备安全。母线室则用于布置母线,母线是汇集和分配电能的导体,其材质多为铜或铝,具有良好的导电性和载流能力。通过母线,电能得以从电源侧传输到各个负载侧。(3)电缆室用于连接电缆,实现开关柜与外部电力线路的电气连接。电缆的可靠连接对于保障电力传输的稳定性至关重要。仪表继电器室装有各种测量仪表、保护继电器以及控制装置等。测量仪表用于实时监测电路的电压、电流、功率等参数;保护继电器则能在电路出现异常情况时,迅速发出信号并启动相应的保护动作;控制装置用于实现对开关柜内设备的远程或本地控制。(4)35kV系统高压开关柜还配备有完善的防护装置,如机械联锁和电气联锁装置,以防止误操作;同时具备良好的通风散热系统,确保内部电器元件在正常工作温度范围内运

行,延长设备使用寿命,保障电力系统稳定可靠运行。

2 35kV系统高压开关柜结构优化的方法技术

2.1 合理布局与绝缘设计

精确布局是确保开关柜稳定运行的根本。在设计阶段,设计师们利用先进的电气计算软件和模拟工具,对开关柜内各个电气元件的空间位置进行细致的规划和布局。这种布局充分考虑了电场分布特性,确保了各电气元件之间保持足够的绝缘距离,以防止电气击穿事故的发生。在母线与断路器的连接部位,通过模拟电场强度,合理调整它们的位置,避免电场过于集中而导致的绝缘击穿。这种精确的布局不仅保障了设备的安全生产和运行,还显著减少了电磁干扰,从而提升了系统的整体性能和可靠性。优质绝缘材料的选择和应用是提升开关柜绝缘性能的核心。在开关柜的设计中,选用高介电强度、低介质损耗的绝缘材料,如环氧树脂、硅橡胶等,这些材料能够有效提高绝缘性能。通过优化绝缘结构,进一步增强了绝缘效果。在高压带电部位,使用绝缘套管进行包裹,以增强绝缘防护能力。在面对过电压、雷电冲击等极端情况时,这些优质的绝缘材料与结构设计能够有效耐受瞬间高电压,防止绝缘损坏,从而保障电力系统的稳定运行,降低因绝缘问题导致的停电事故风险,确保了电力供应的连续性和安全性^[1]。

2.2 模块化设计

(1)功能模块化设计为开关柜带来了前所未有的灵活性。通过将开关柜划分为断路器模块、互感器模块、计量模块等多个独立的功能单元,并配备标准化的接口,使得开关柜的配置和扩展变得如同搭积木般简单。这种设计允许根据不同电力系统的具体需求,灵活地进行模块的选择和组合,从而快速构建出符合要求的开关柜系统。(2)在新建变电站的项目中,工程师可以根据实际的负荷情况和功能需求,挑选出合适的模块进行组

合,这不仅提高了设计的针对性,也缩短了建设周期。而在电力系统的升级改造过程中,模块化设计的开关柜展现出了其独特的优势。由于模块的接口标准化,新增或更换模块的操作变得简便,无需对整个开关柜进行大规模的改动,大大降低了改造成本和停机时间。(3)易于维护是模块化开关柜设计的另一显著优势。新模块的接入不会对原有系统的正常运行造成影响,极大简化了系统的复杂性。当某个模块出现故障时,维护人员可以迅速定位问题所在,并快速进行模块的更换,这大大减少了故障排查时间,降低了因故障带来的风险。这种高效的维护方式极大提高了开关柜的可靠性和可维护性,确保了电力供应的连续性和稳定性,对于保障电网的安全运行具有重要意义^[2]。

2.3 高性能元器件与智能监测

高性能元器件是开关柜稳定运行的关键所在。以真空断路器为例,它凭借其卓越的开断灭弧性能,能够在极短的时间内迅速切断故障电流,有效防止电弧持续燃烧对设备造成的损害。这种断路器的高机械寿命和电气寿命,确保了在长期和频繁的操作中,开关柜仍能保持稳定的性能,减少了设备的更换频率,降低了运维成本,从而确保了电力系统的安全稳定运行。温度传感器实时监测关键部位的温度变化,一旦发现异常升高,便能及时发出预警,预示可能存在的接触不良等问题。弧光保护装置能够在弧光出现的瞬间迅速动作,切断电源,有效防止弧光短路引发的严重事故。而局放监测装置则能够检测到局部放电的情况,提前发现绝缘缺陷,这些智能监测模块实时掌握设备的运行状态,能够及时发现潜在的故障隐患,预防故障的发生与扩大,为电力系统的安全运行提供了强有力的保障。通过这些先进的技术手段,开关柜不仅能够发生故障时迅速响应,还能在故障发生前进行预防,确保了电力供应的连续性和可靠性^[3]。

2.4 柜体结构与接地系统

(1)坚固耐用的柜体结构对于开关柜的长期稳定运行至关重要。采用高强度钢材制造的柜体,经过精心优化设计,不仅具有良好的抗震性能,还能有效抵抗外力冲击。在地震频发地区或者可能遭受外部冲击的场所,这样的设计能够有效防止柜体发生变形或损坏,从而确保内部电气元件的安全和正常运行。(2)通风散热设计是影响设备寿命的关键因素。通过合理设置通风口、安装高效散热风扇等措施,开关柜的通风散热性能得到了优化。在设备运行过程中,这些设计能够及时将产生的热量散发出去,保证设备在适宜的温度范围内工作。

过热不仅会导致元件性能下降,还会缩短设备寿命,因此,良好的通风散热设计对于提高设备的可靠性和延长使用寿命至关重要。(3)完善的接地系统构成了开关柜安全保障的最后防线。开关柜的金属外壳、框架等部分必须可靠接地,以确保在发生故障时,故障电流能够迅速导入大地。接地电阻需要符合相关标准要求,并且定期进行测试,以保障接地系统的有效性。在发生漏电等故障时,接地系统能够迅速将电流泄放,防止人员触电和设备损坏,从而保障人身安全和电力设备的正常运行。这一系列的安全措施,共同构成了开关柜的坚固防线,确保了电力系统的安全稳定^[4]。

3 改进 35kV 系统高压开关柜结构优化的措施

3.1 增强绝缘性能与布局优化

绝缘材料与结构是开关柜绝缘性能的核心保障。选用如聚酰亚胺、陶瓷等具有超高介电强度的优质绝缘材料,其极低的介质损耗能有效减少电能在绝缘过程中的损耗。在绝缘结构上,采用复合绝缘技术,将不同绝缘材料组合使用,发挥各自优势。例如,在高压母线处,以环氧树脂为基础,填充陶瓷颗粒,增强绝缘性能。通过先进的电气计算软件,精确模拟电场分布,合理规划各电气元件布局。在设计时,确保母线与互感器、断路器等元件之间保持足够绝缘距离,避免因电场集中引发绝缘击穿,保障设备安全稳定运行。模块化设计赋予开关柜高度灵活性与可靠性。将其划分为多个功能模块,断路器模块负责电路的通断控制,凭借其快速开断能力保障系统安全;互感器模块精确测量电流、电压,为电力系统监测提供数据支持;计量模块准确计量电量,用于计费与能耗分析。各模块拥有标准接口,在新建变电站时,可依据负载需求,快速选择合适模块搭建系统。在系统升级改造时,可轻松更换老化或性能不足的模块,无需大规模改动,降低系统复杂性与故障风险,提高可维护性与扩展性。

3.2 提升安全性能与防护措施

隔离带电部件是确保人员在进行开关柜维护时安全的重要措施。在中置式开关柜的下柜位置,特别加装了独立接地刀闸装置,并配合机械式或电气闭锁结构,以增强安全防护。工作人员在需要进入开关柜内部进行检修之前,必须首先操作接地刀闸,将系统接地,从而确保内部不带电,避免触电事故的发生。闭锁装置的设计巧妙,它能够在接地刀闸未合闸到位时,防止柜门的打开;同样,在柜门打开的状态下,接地刀闸也无法分闸,这样的双重保护机制有效避免了因误操作导致的触电风险。为了进一步强化安全防护,开关柜下柜还加装

了金属隔板。这些金属隔板不仅具有良好的导电性，还具备优异的机械强度，能够将带电部件与人员操作区域有效隔离。即使在发生电弧闪络等意外情况时，金属隔板也能起到阻挡电弧和高温的作用，防止工作人员直接接触带电部件，从而降低触电和灼伤的风险。这种设计为人员安全提供了坚实的屏障，确保在各种工况下，人员操作开关柜的安全性得到了最大限度的保障。通过这些措施，开关柜的操作环境变得更加安全，为电力系统的稳定运行和人员的安全提供了重要支持。

3.3 优化散热与防护措施

(1) 柜体结构设计对于开关柜的整体性能具有决定性影响。采用高强度合金钢材料制造柜体，并结合经过优化的力学结构设计，使得开关柜具备了卓越的抗震和抗冲击性能。在地震频发地区，这样的设计能够有效抵御地震波的冲击，保护内部电气元件免受损坏。在工业环境中，柜体结构能够承受重型设备移动时产生的震动和冲击，确保开关柜的稳定性。(2) 在通风散热方面，利用CFD(计算流体动力学)模拟技术，对通风口的位置和大小进行优化，并安装智能散热风扇。这些风扇能够根据设备运行时的温度自动调节转速，从而确保设备在正常的温度范围内运行，避免因过热导致的元件性能下降和寿命缩短。(3) 防尘与防潮措施是保障开关柜长期稳定运行的必要条件。在柜体外部设置高效的防尘滤网，能够有效过滤空气中的灰尘颗粒，防止灰尘进入开关柜内部，降低因灰尘积累引起的闪络风险。针对湿度较大的环境，开关柜采用了冷凝除湿、干燥剂除湿等多种方式。在柜内安装的湿度传感器可以实时监测湿度变化，一旦湿度超过标准值，自动启动除湿设备，以保持柜内环境的干燥，确保电气元件的性能稳定，从而延长设备的使用寿命。这些综合措施共同作用，为开关柜的可靠性和耐用性提供了坚实保障。

3.4 智能化监测与控制

(1) 智能监测模块为开关柜的运行提供了全方位的保障。温度传感器被精心分布在了关键发热部位，如断路器触头、母线连接点等，它们实时监测着这些关键点

的温度变化。一旦监测到温度异常升高，系统将及时发出预警，这可能是接触不良、过载等问题的信号，从而允许维护人员迅速采取行动，防止故障的发生。(2) 弧光保护装置能够在弧光产生的瞬间，以微秒级的速度迅速动作，切断电源，有效防止弧光短路可能引发的严重事故。局放监测装置则利用超声波、高频电流等先进技术，对局部放电情况进行检测，提前发现绝缘缺陷，从而预防故障的发生与扩大。(3) 远程监控与自动化控制技术的应用，实现了开关柜运维的智能化变革。通过4G、5G或光纤等通信网络，开关柜的运行数据可以实时上传至监控中心。运维人员可以远程实时查看设备的电压、电流、温度等关键参数，并进行远程分合闸操作。在遇到紧急情况时，远程控制功能使得运维人员能够迅速响应，避免现场操作的风险。自动化控制系统可以根据预设条件自动调整设备运行状态，提高了操作的便捷性和效率，减少了人工干预，确保了电力系统的稳定可靠运行。

结语：综上所述，35kV系统高压开关柜的结构优化对于提升电力系统的安全性、可靠性和运维效率至关重要。通过合理布局、模块化设计、高性能元器件和智能监测技术，增强了设备性能，提高了维护便利性和故障预防。坚固柜体和优化散热防护延长使用寿命，智能化监控控制实现高效运维。未来应继续探索新技术应用，推动开关柜向更智能、更环保的方向发展，以满足不断增长的电力需求。

参考文献

- [1]尹春燕.35kV高压开关柜结构优化分析[J].电力与能源,2023,44(4):401-405.
- [2]任士荣.35kV高压开关柜绝缘性能加强改造[J].冶金动力,2020(12):16-17,23.
- [3]梁学敏.35kV高压柜断路器电动转移小车[J].自动化应用,2023,64(18):112-113.
- [4]吴聪勇.在线测温技术在35kV变电站的应用[J].自动化应用,2023,64(1):119-121.