

电力技术

35kV 高压柜柜体结构优化与电气元件选用策略研究

朱月敏

宁波天安智能电网科技股份有限公司 浙江宁波 315000

【摘要】本研究着重于 35kV 高压柜柜体结构的优化以及电气元件的选用策略，对相关技术难题及解决办法展开了全面且深入的探讨。就柜体结构而言，针对当下设计存在的缺陷，给出了诸如模块化布局构建、材料性能增强、散热设计完善以及空间利用改良等具体举措。在电气元件的选型方面，从适配与兼容状况、性能综合评估、全寿命周期成本、可靠性准则以及新型元件的应用等维度，进行了深度探究。研究成果显示，优化设计与科学选型能够切实增进高压柜的运行效率、安全性以及经济性，更有力地保障电力系统的持续平稳运转。

【关键词】35kV 高压柜；柜体结构；优化设计；电气元件；选用策略

Study on structure optimization and electrical component selection strategy of 35kV high voltage cabinet

Zhu Yuemin

Ningbo Tianan Smart Grid Technology Co., LTD Ningbo, Zhejiang Province 315000

【Abstract】This study focuses on the optimization of the structure of 35kV high-voltage switchgear cabinets and the selection strategies for electrical components, conducting a comprehensive and in-depth discussion on related technical challenges and solutions. Regarding the cabinet structure, specific measures such as modular layout construction, material performance enhancement, improved heat dissipation design, and optimized space utilization are proposed to address existing design flaws. In terms of electrical component selection, an in-depth investigation is carried out from dimensions including compatibility and interoperability, comprehensive performance evaluation, lifecycle cost, reliability criteria, and the application of new components. The research findings indicate that optimized design and scientific selection can genuinely enhance the operational efficiency, safety, and economy of high-voltage switchgear, thereby more effectively ensuring the continuous and stable operation of power systems.

【Key words】35kV high voltage cabinet; cabinet structure; optimization design; electrical components; selection strategy

引言：

35kV 高压柜作为电力系统里的关键设施，其运行效率和稳定程度直接左右着电力传输与分配的品质。然而，现有的柜体结构设计以及电气元件选用在应对多样化的工况时，依旧存在技术方面的阻碍，对高压柜性能的提升形成了限制。在能源需求迅猛增长以及智能电网不断发展的大背景下，怎样对高压柜的结构设计进行优化，增强电气元件选型的科学性，是亟待攻克的核心难题。本研究借助系统化的分析与实践，提出了具备可操作性的优化策略，期望能够为高压柜整体性能的提升给予理论支撑，并为高压柜的智能化发展筑牢根基。

1、35kV 高压柜柜体结构概述

1.1 现有柜体结构的主流设计特征

35kV 高压柜作为电力系统中的核心装备，其柜体的设计遵循着标准化与模块化的理念，着重突出实用性和通用性。当下主流的高压柜柜体结构一般会采用金属框架当作支撑的骨架，再配上高强度的钢板或者铝合金板材，以此保障

机械强度和耐久性。柜体内部通过分隔式的设计，达成不同功能模块的独立分区，便于设备的维护以及功能的拓展。同时，外壳的防护等级以及绝缘性能都经过了严格的设计验证，以契合在恶劣环境下的运行要求。不过，这些设计理念在实际运用中也遭遇了诸如动态负载变化、电气干扰增强等新的难题，对高压柜性能的进一步提升造成了制约。故而，深入剖析现有设计的特征，有助于为结构优化指明清晰的方向。

1.2 常见设计问题及潜在风险

即便高压柜柜体结构的设计已趋于成熟，在实际应用中还是暴露出诸多问题。举例来说，在某些设计里，柜体的布局和内部元件的散热需求不相匹配，致使局部温度过高，缩短了元件的使用寿命。与此同时，内部接线的繁杂性在一定程度上加大了安装和检修的难度，降低了工作的效率。外壳材料在特定环境下的耐腐蚀性能欠佳，有可能引发设备运行的故障。另外，由于在技术和成本之间进行权衡，部分高压柜在抗震性能和防护等级方面做出了妥协，这在地震多发区域和高湿度环境中构成了潜在的风险。这些问题的存在表明，传统的设计方法在应对复杂的应用场景时，需要更具前瞻性的改进策略。

1.3 柜体结构优化的必要性

能源需求的迅速增长以及电力系统复杂程度的提升,对高压柜提出了更为严苛的技术要求。柜体结构作为高压柜的核心构成部分,其设计直接关联到设备的安全性、可靠性和经济性。通过对柜体结构进行优化,可以在有限的空间内提高元件布局的合理性,减少电磁干扰和热量的积聚问题,进而延长设备的使用年限。另外,模块化和智能化设计的融合,不但能够适应多元化的用户需求,还能够提升生产与维护的效率。考虑到未来智能电网和新能源应用场景的广泛推广,优化设计不只是高压柜技术进步的推动力,更是保障电力系统长期稳定运行的关键环节。

2、35kV 高压柜柜体结构优化的具体策略

2.1 结构布局的模块化创新

模块化设计已然成为高压柜柜体结构优化的重要方向。通过把柜体功能划分成标准化的模块,例如母线室、断路器室和电缆室,能够实现功能区域的独立性,增强设备安装和维护的便利性。模块化布局还能够依照用户的需求迅速调整配置,灵活适应多样化的应用场景。另外,采用标准接口和可插拔模块技术,能够有效降低设备升级时的改造难度。针对大容量负载的需求,可以进一步优化模块内部的空间设计,提升设备的热容量和电气性能。模块化创新不但在生产制造中提升了效率,还为高压柜的智能化和网络化提供了更有力的支持,达成了技术与经济性的平衡。

2.2 材料性能与强度的增强之法

高压柜柜体所采用的材料性能,会径直左右其结构强度以及运行的稳定性。若选取高强度低合金钢、铝镁合金这类新型材料,不但能够增强柜体的承载水平,而且能够减轻整体的重量,使运输和安装所需的成本得以降低。在达到机械强度相关要求的状况下,将材料的表面处理技术加以运用,例如热浸镀锌、喷涂粉末涂层等工艺手段,能够极大程度地提升防腐蚀的能力。此外,针对新型复合材料展开的研究,也为高压柜的结构优化创造了更多的可能性。好比引入碳纤维增强复合材料,能够进一步增进柜体的抗震性能以及耐用程度。材料性能的提升,务必要与实际的运行环境以及成本限制相结合,以此达成性能和经济效益的最优匹配。

2.3 散热与通风设计的优化策略探讨

在高压柜长期运行的进程中,散热方面的问题始终属于影响设备稳定性的关键挑战之一。通过对通风路径以及布局予以优化,能够显著提升柜体内部的散热效率。在设计时,可以采用上下对流通风的结构布局,并且结合局部强制散热的装置,有效化解热量积聚的难题。另外,选用具备高热导率的散热材料,像是铝合金散热片或者相变材料,能够增强关键部位的散热能力。针对特定的应用场景,还能够结合智能温控技术,凭借实时监测柜体内部的温度以及负载状况,动态调整通风的策略,保证设备在高效工作的状态下维持安全的运行温度。

2.4 空间利用与内部配置的技术思考

于有限的柜体空间当中对内部元件进行合理配置,是高压柜设计的重要环节。优化空间利用的关键要点在于精确计算元件之间的距离,确保电气间隙和爬电距离符合安全规范,同时尽可能缩小设备的体积。借助三维建模技术来开展布局设计,可以提前察觉空间冲突和布线方面的问题,进而提高设计的精度。另外,通过引入可调节支架以及多功能固定件,能够进一步增强柜体内部的灵活性和可扩展性。对于高负载的应用场景,合理分配重量以及降低重心也需要充分予以考虑,以强化柜体的整体稳定性。空间优化设计应当以满足功能需求作为核心,同时兼顾安装和维护的便利性,从而实现设备性能的最大化。

3、35kV 高压柜电气元件选用的关键要素

3.1 适配性与兼容性的评估分析

在高压柜电气元件的选型过程当中,适配性与兼容性乃是保障设备高效运行的核心要素。适配性要求元件的技术参数与高压柜以及其所在的电力系统的需求精准契合。像额定电压、额定电流、分断能力等关键指标,必须在运行工况之下满足设计的要求。此外,还需要考虑实际的环境条件,比如高温、高湿度、强电磁干扰等等。兼容性则着重强调元件与高压柜整体以及其他元件之间的协同性。涵盖机械安装方面的一致性,例如元件的外形尺寸、固定方式是否与柜体结构相协调,电气连接是否顺畅且可靠。兼容性还包含运行当中的电磁兼容特性,尤其是在多元件协同工作的高负载状况下,避免由于干扰而引发的运行故障是极为重要的。通过数字化仿真和环境模拟测试,能够对元件在不同运行条件下的表现展开全面的验证。这不但涵盖常规的参数测试,还包括元件在动态负载变化以及极端工况下的可靠性表现。对适配性与兼容性展开深入的评估,不但能够降低系统运行的风险,还能够为元件后续的维护与升级提供数据方面的支持,为高压柜整体性能的优化筑牢基础。

3.2 性能指标的综合评价体系构建

构建科学合理的性能指标综合评价体系,在电气元件的选型中属于重要的环节,直接关联到高压柜的运行稳定性以及长期效益。电气性能是评价的首要维度,包含额定电压、分断能力、短时耐受电流等关键参数,这些指标决定了元件能否满足设计工况下的运行需求。同时,元件的机械性能也需要充分考虑,比如抗震能力、耐冲击强度以及操作机构的稳定性,这在复杂或者极端的环境当中尤为关键。环境适应性指标需要涵盖元件在高温、高湿、腐蚀性气体等恶劣环境下的工作能力。元件材料的耐久性和表面处理工艺对环境适应性有着直接的影响,应当通过长期运行试验和模拟实验进行全面的验证。耐久性能评价涵盖元件在使用周期内的稳定性表现,例如接触材料的磨损速率、老化趋势以及故障概率等等。这些数据不但为运行维护提供指导,还为选型提供了可靠的量化依据。评价体系的建立需要结合实际的应用场景,通过加权算法对不同的性能指标赋予权重,达成针对性和系统性的综合分析。这种多维度的评价方法能够有效地筛

选出技术参数与应用需求高度契合的元件,为高压柜的高效运行提供技术支撑。

3.3 成本效益与全寿命周期剖析

在电气元件的选型过程中,成本效益的分析应当从短期的支出以及长期的经济性这两个层面展开综合性的考量。而全寿命周期分析(LCC)则为我们提供了一套更为系统化的手段。LCC所关注的范畴并不仅仅局限于初始的采购成本,还涵盖了安装、运行、维护直至最终报废处理所产生的所有费用。虽说采购成本一目了然,但它绝非具有决定性的因素。例如,某些品质上乘的元件或许在初始阶段成本较高,然而其较低的故障率以及较长的使用年限,能够极大地削减后期的维护开销。能耗成本在整个分析当中占据着重要的地位。节能型的元件由于其较低的能量损耗,能够显著地减少在运行期间的能源耗费,这对于节能减排要求颇为严格的项目而言,显得尤为关键。与此同时,对于维护成本的分析,需要立足于元件的可靠性数据,其中包含更换的频率、维修的复杂程度以及相关的人工成本等方面。在报废的阶段,环保处理费用以及回收价值的衡量同样不可小觑。部分元件通过采用可再生的材料或者环保型的设计,能够降低处理成本,并且减轻对环境造成的影响。通过将经济性的模拟与技术性能的数据相互结合,能够全方位地对不同的选型方案的整体表现进行比较,从而在性能与经济效益之间寻得平衡提供可靠的依据。这种方式能够切实保障高压柜在其整个生命周期当中,实现技术与经济价值的最大化。

3.4 选型里的安全性与可靠性准则

电气元件的安全性及可靠性乃是高压柜选型的核心考量要点,其评估的标准务必严格契合国际以及行业的规范,例如 IEC62271 标准。安全性的评估需要涵盖众多方面,像是电气绝缘强度、外壳防护等级以及材料的耐久性。绝缘强度直接关乎着元件能否在高压的条件下稳定地运行,而具有高防护等级的外壳则能够有效阻挡外界的灰尘、水分或者腐蚀性气体的侵入。可靠性评估的重点在于剖析元件在长期运行过程中的稳定性以及抗故障的能力。具体的指标涵盖平均无故障时间(MTBF)、故障率以及使用寿命等等,这些数据通常是通过型式试验以及现场的运行记录获取的。特别是在极端的环境条件之下,比如高湿度、高振动或者强电磁干扰的场景当中,元件的性能必须历经强化测试的验证,以此来确保在运行的过程中不会出现无法掌控的风险。安全性与可靠性的标准还需要结合运行的场景进行动态的调整。举例来说,在针对地震多发区域的设备进行选型时,应当格外注

重元件的抗震设计。通过将实验室测试与长期的运行数据相结合,能够更为全面地对元件的性能表现予以评价,为高压柜的稳定运行以及故障的预防提供坚实的技术支撑。

3.5 新型元件的创新运用

技术的持续进步促使电气元件在高压柜当中实现了创新应用,新型元件为提升设备的性能以及适应复杂的运行需求创造了更多的可能性。真空断路器作为一种环保型的元件,在取代传统 SF6 断路器这一方面展现出了显著的优势。其高效的灭弧特性、运行的稳定性以及免维护的性能,使其在降低环境污染以及运行成本方面获得了广泛的认可。智能化元件的推广正在改变传统高压柜的运行模式。譬如,集成了传感器和数据采集模块的智能开关设备能够实时监测电气参数、环境温度以及运行状态,再结合大数据的分析以及预测模型,为设备赋予精准的故障预警和寿命管理的功能。这样的技术应用极大地提高了高压柜的安全性和运行效率,同时为智能电网的构建奠定了基础。新材料的应用也在逐步改变元件的设计走向。高导热陶瓷、石墨烯涂层等新型材料的引入,不但提升了元件的导电性能,还在抗腐蚀性和机械强度方面呈现出更出色的表现。结合 3D 打印等先进的制造技术,新型元件的结构设计变得更为灵活,为高压柜的小型化、轻量化以及高性能化提供了更多的可能性。另外,通过与人工智能、5G 通信以及物联网技术的深度融合,新型元件将会变得更加智能化、模块化和生态化。技术的跨界应用不仅为高压柜的升级开拓了广阔的空间,还将推动整个电力系统朝着高效、绿色以及智能的方向发展。

结束语

总之,当我们深入探究 35kV 高压柜柜体结构的优化要点以及电气元件选用的关键因素时,能够发现,模块化的设计与高性能材料的运用能够显著优化柜体结构,而科学的性能评价与全寿命周期分析则为元件的选型筑牢了坚实的基础。与此同时,智能化元件的推广以及新材料的应用,进一步拓展了高压柜的技术边界。未来,伴随着电力系统发展需求的不断提高,高压柜的结构设计与元件选型将会迎来更多的技术革新,能够在复杂的工况以及多样化的应用场景中发挥出更大的作用,实现电力能源的高效传输与合理分配,充分满足整个社会的能源需求。

参考文献

- [1]胡海滨,梁跃东,徐志鹏.海洋石油平台 35kV 高压柜选型研究[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(09):117-119.
- [2]周季香,李琛玫,卢玉丹.双电源制电力调车机车用高压柜设计[J].铁道技术监督,2023,51(10):51-55.
- [3]李沂峰.培训楼配电房高压开关柜技改[J].中国电力企业管理,2022(33):94-95.
- [4]项立伟,陈田.关于双电源供电高压柜防护控制的探讨[J].通信电源技术,2021,38(22):154-155,159.
- [5]陈世坤,张树功,郑吉素,等.高压柜智能控制及综合状态监测系统应用研究[J].大科技,2021(3):239-240.