

Electrical Design of 35kV Power Supply and Distribution System

Haifeng Yao

Henan Huahui Nonferrous Engineering Design Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450041, China

Abstract

In modern society, the demand for electricity is in a continuous growth trend. Among them, the 35kV power supply and distribution system occupies a key position in the field of medium voltage distribution, and it undertakes the core functions of power transmission and distribution. This system plays a role in connecting the high-voltage transmission network and end users. During operation, reliability, safety, and economy need to be taken into account. With the increasing complexity of industrial loads and the growing demand for new energy grid integration, traditional design patterns are facing many challenges that are multidimensional, involving equipment compatibility, operational efficiency, and fault response capabilities. Although intelligent monitoring devices and automation technology have gradually become popular, opening up new avenues for system optimization, issues such as electrical parameter matching, relay protection configuration, and electromagnetic compatibility still need to be finely addressed. When designing, it is necessary to consider the characteristics of the regional power grid and the nature of the load. While meeting the requirements of technical specifications, it is also necessary to strike a balance between investment costs and long-term operation and maintenance benefits. Only in this way can a solid foundation be laid for the subsequent chapters to explore equipment selection and scheme design.

Keywords

35kV power supply and distribution system; A system; Secondary system; system safety

35kV 供配电系统的电气部分设计

姚海峰

河南华慧有色工程设计有限公司, 中国·河南郑州 450041

摘要

在现代社会, 电力需求处于持续增长的态势。其中, 35kV供配电系统在中压配电领域占据着关键的位置, 电能传输与分配的核心功能由其承担着。此系统起着连接高压输电网络和终端用户的作用, 在运行过程中, 可靠性、安全性以及经济性这几方面都需兼顾。伴随工业负荷复杂度的不断提升, 再加上新能源并网需求的日益扩大, 传统的设计模式面临着诸多挑战, 这些挑战是多维度的, 涉及设备兼容性、运行效率以及故障响应能力等方面。虽然智能监测装置与自动化技术已经逐渐普及, 为系统优化开辟了新的途径, 然而像电气参数匹配、继电保护配置以及电磁兼容等问题, 依旧需要精细地去解决。在设计的时候, 要把区域电网的特点以及负荷性质结合起来考虑, 在满足技术规范的要求的同时, 还须在投资成本与长期运维效益之间做好平衡, 如此才能为后续章节探讨设备选型以及方案设计打下坚实的基础。

关键词

35kV供配电系统; 一次系统; 二次系统; 系统安全

1 引言

在能源结构转型这样的大背景之下, 区域电网的稳定运行以及电能质量会直接受到 35kV 供配电系统电气设计的影响。工业集群不断扩张, 分布式能源也在逐渐渗透, 这就对系统架构提出了更为严格的要求, 比如主接线形式、短路容量以及接地方式等都需要进行科学的规划。对于一次系统而言, 其拓扑选择要注意规避谐振的风险; 而二次系统则需

要把保护、测量以及控制等功能集成起来, 从而形成一个协同防御的体系。在设备选型的时候, 要对环境适应性予以关注, 就像在高原地区需要对绝缘裕度做出调整, 在沿海地区则要进行盐雾防护设计等。本文将关注点聚焦在系统设计所存在的核心矛盾上, 通过对设备参数匹配逻辑以及安全防护策略进行深入解析, 去探索那种既能兼顾技术可行性又能保证经济合理性的实施方案, 进而为同类工程提供较为系统的参考依据。

2 35kV 供配电系统基础

于中压配电范畴内, 作为核心架构的 35kV 供配电系统, 在电能传输与分配这一过程当中, 实则承担着承上启下这般

【作者简介】姚海峰(1971-), 男, 中国河南长葛人, 本科, 高级工程师, 从事电气自动化研究。

枢纽之作用。其设计呢,必须综合地从电网拓扑、负荷特性以及设备交互逻辑等多个方面予以考量。该系统一般而言,是由主变电所、开闭所、环网柜以及馈线所构成,采用诸如单母线分段或者双母线之类的接线形式,以此兼顾运行灵活性与供电可靠性^[1]。就中性点接地方式来讲,需依据电网规模以及单相接地故障电流水平来加以选择,通过经消弧线圈或者小电阻接地这种方式,能够有效地抑制过电压风险。而继电保护配置方面,需遵循逐级配合这一原则,主保护与后备保护协同动作,目的在于隔离故障区域,从而避免级联跳闸现象的发生。在现代系统当中,集成有智能监测终端与自动化装置,实时地对电压、电流以及功率参数进行采集,为动态负荷调整与状态评估提供支撑。针对高海拔或者污秽环境而言,设备外绝缘强度以及爬电距离需有针对性地加以优化,以确保长期运行稳定性。随着能源结构的转型,系统设计逐渐地将分布式电源接入容量与双向潮流管理功能予以融合,对传统配电网的技术边界进行重构。

3 主要设备选型与配置

在 35kV 供配电系统的电气部分设计中,主要设备选型与配置需深度融合系统运行边界条件、全寿命周期可靠性及环境适应性,其方案制定需从设备功能定位、技术性能与交互协同三个维度展开,构建满足短路容量裕度、绝缘耐受强度及动态响应特性的设备集群架构。断路器选型依据系统短路电流水平与开断频次需求,优先选用弹簧操动或永磁机构真空断路器,针对频繁投切场景强化灭弧室介质恢复特性与机械寿命指标,并配置合闸电阻抑制容性负载操作过电压。主变压器选型需平衡负载损耗与经济运行区间,绕组联结组别采用 Dyn11 以抑制三次谐波渗透,冷却系统设计融合强迫油循环与自然风冷模式,结合光纤测温装置实时监测热点温升趋势。电流互感器配置需兼顾测量精度与保护绕组饱和特性,铁芯材料选用纳米晶合金提升暂态响应能力,针对差动保护需求设置独立 TPY 级绕组,并在高污秽区域采用硅橡胶复合绝缘套管增强表面憎水性。电压互感器选型遵循电磁谐振规避原则,采用电容分压式电子互感器降低铁磁谐振风险,二次侧配置非线性电阻阻尼器吸收瞬态过电压能量。金属氧化物避雷器选型依据系统接地方式与雷电活动强度,串联间隙设计需匹配线路绝缘配合曲线,并集成脱离器与泄漏电流监测接口实现状态可视化。无功补偿装置采用动态分组投切策略,电容器组配置串联电抗率可调的电抗器抑制谐波放大效应,电抗器绕组采用环氧浇注工艺降低局部放电水平。开关柜选型需满足全工况绝缘配合要求,空气绝缘柜体强化相间绝缘隔板与防凝露加热装置,充气柜优先选用干燥空气或氮气绝缘介质,触头镀银处理提升接触稳定性。电缆选型依据载流量修正系数与环境热阻参数,交联聚乙烯绝缘层配置石墨烯涂层改善散热性能,金属护套采用双层铜带铠装结构增强抗机械应力能力。智能化设备集成温度、

局放等状态感知元件,内置边缘计算单元实现设备健康度自评估,同时预留协议转换接口兼容多源异构数据的上传与解析。环保设计贯穿设备全生命周期,六氟化硫设备配置气体回收装置与压力梯度监测模块,变压器油选用高燃点植物酯类绝缘介质降低火灾风险^[1]。

4 系统电气设计方案

4.1 一次系统设计

在 35kV 供配电系统的电气部分设计中,一次系统设计作为能量交互的物理载体,需围绕电网结构强度、设备耐受能力及运行灵活性构建多维协同架构,其方案需统筹拓扑适应性、故障穿越特性与全寿命周期运维策略,深度耦合系统可靠性需求与环境约束条件。主接线设计遵循供电分区与负荷分级原则,采用双电源进线单母线分段或内桥式接线模式,通过分段断路器与母联开关的逻辑闭锁实现运行方式灵活切换,同时基于短路电流水平优化设备布置间距,抑制母线近区故障引发的电磁力耦合效应。设备选型需匹配系统暂态特性与机械强度需求,断路器操动机构优先选用弹簧储能或液压驱动方案以满足频繁操作场景下的机械寿命指标,电流互感器铁芯配置多级饱和特性曲线以适应差动保护与测量绕组的精度冲突问题,并针对高海拔区域强化外绝缘爬距与伞裙结构设计。中性点接地方式依据系统电容电流分布特征选择经消弧线圈并联小电阻的混合接地模式,通过动态调谐补偿装置实时跟踪电网对地电容变化,抑制间歇性弧光接地过电压的同时兼顾故障选线精度需求。过电压防护体系集成暂态建模与电磁暂态仿真技术,在架空线终端配置带串联间隙的复合外套避雷器以平衡雷电冲击与工频续流抑制能力,针对电缆网络操作过电压特性优化进线段保护距离与 RC 吸收装置参数配置。系统保护策略采用区域化协同理念,主保护配置光纤纵差与距离保护双重判据,后备保护基于自适应时限特性构建多级配合逻辑,并嵌入方向元件提升高阻接地故障的检测灵敏度。自动化集成设计融合智能终端与合并单元构建数字化采样网络,依托高速光纤通道实现保护动作信号的同步传输,同时配备自投装置与低频减载模块实现孤岛运行与频率崩溃的协同防御。电磁兼容设计贯穿设备选型与空间布局全环节,针对二次电缆感应电压实施分层敷设计与交叉换位策略降低共模干扰幅值。系统扩展性设计预留新能源接入接口,依据短路容量裕度校核分布式电源并网点设备通流能力,并配置动态重构算法实现故障场景下的拓扑自愈与负荷转供,为新型电力系统演进提供物理承载平台。

4.2 二次系统设计

在 35kV 供配电系统的电气部分设计中,二次系统设计作为智能化运行的决策核心,需构建多维度协同控制体系,其架构需统筹保护逻辑、数据交互及设备状态感知能力,以精准适配电网动态特性与运维模式的演进需求。系统架构采用三层两网拓扑结构,过程层配置智能终端与合并单元

实现采样值数字化传输,站控层部署一体化监控平台集成状态估计与潮流计算功能,间隔层设备依托高速总线实现保护动作与开关状态的毫秒级联动。继电保护体系采用主保护与失灵保护双重冗余配置,纵联保护通道融合光纤差动与方向比较原理,自适应调整动作门槛以规避负荷波动引起的误判风险,同时嵌入电压闭锁元件提升高阻接地故障的识别灵敏度。自动化系统集成同步相量测量与广域控制功能,基于拓扑着色技术动态重构电网可视化模型,并配置扰动录波装置捕捉暂态过程谐波分量,为故障机理分析提供原始数据支撑。通信网络采用双星型冗余架构,过程层 GOOSE 报文与 SV 采样数据实施物理通道隔离,应用报文优先级标记与流量整形技术确保关键信号的传输确定性,同时部署加密模块防范数据篡改与重放攻击。直流电源系统设计引入分层供电理念,双重蓄电池组配置智能均充与温度补偿功能,馈线回路加装绝缘监测装置实时定位接地故障支路,并在重要保护屏柜设置超级电容模块作为毫秒级后备电源^[4]。人机交互界面融合增强现实技术,将设备台账、检修记录与实时波形叠加至物理设备三维模型中,辅助运维人员快速完成缺陷定位与操作预演。电磁兼容设计针对二次回路传导干扰特性,在电缆沟内实施强弱电分层敷设并增设屏蔽隔板,对关键信号回路采用双绞屏蔽线结合共模扼流圈的多重滤波措施,同时优化接地网拓扑降低地电位差对精密测量回路的影响。系统扩展性设计预留边缘计算节点与云平台接口,支持保护定值远程校验与运行策略动态优化,为后续构建源网荷储互动体系提供开放式架构基础,形成具备自学习能力的配电生态系统。

4.3 系统安全与故障分析

在 35kV 供配电系统的电气部分设计中,系统安全与故障分析作为可靠运行的基石,需融合风险预判、防御机制及故障溯源技术,其构建需从电网拓扑脆弱性、设备失效模式及电磁暂态特性三个维度同步展开,建立多层次联动的安全防护体系。短路电流计算采用基于对称分量法的复合序网模型,结合系统运行方式校核设备动热稳定性裕度,并针对不同接地故障类型建立边界条件方程组优化保护定值整定范围。过电压防护体系集成雷电侵入波抑制与操作过电压吸收技术,在进出线段配置复合外套无间隙金属氧化物避雷器。绝缘配合设计采用差异化原则,依据设备所处海拔、污秽等级及运行环境动态调整空气间隙与爬电距离,同时对电缆终端场强分布实施有限元仿真验证局部放电起始阈值。故障定

位技术融合行波测距与阻抗法双重判据,利用故障录波数据的波形畸变特征提取暂态行波波头,结合线路参数频变特性修正双端定位算法误差。接地网设计采用不等间距网格结构,通过土壤分层模型计算散流特性,并在设备基础周边敷设离子接地极改善冲击接地阻抗。系统稳定性分析构建 N-1 与 N-2 故障场景下的暂态能量函数模型,评估连锁故障风险时引入负荷动态响应特性,针对新能源渗透场景追加次同步振荡阻尼控制策略。在线监测系统集成局部放电超声波检测与红外热成像技术,通过多源数据融合算法识别设备早期绝缘劣化征兆,并建立基于马尔可夫链的状态维修决策模型优化检修周期。电磁干扰防护采用分层屏蔽设计,对二次电缆实施铠装层双端接地并在屏柜内布置高频磁环滤波器,同时配置独立接地铜排网络消除地网电位差对微电子设备的耦合干扰。系统预留广域测量装置接口,为后期构建源网荷储协同防御体系提供数据同步与决策响应的物理通道^[5]。

5 结语

就 35kV 供配电系统的电气设计来讲,需要从全生命周期的视角出发,对技术方案进行统筹安排。设备选型要与负荷动态特性相匹配,系统架构应当预留出扩展接口,以此来应对未来可能出现的增容需求。在进行继电保护配置的时候,要把故障概率以及切除速度结合起来考虑,从而避免越级跳闸风险的出现。智能化监测技术的引入虽然能够提升运维效率,但是电磁干扰屏蔽措施必须强化。设计成果的优劣,最终会在供电连续性、设备寿命以及应急响应能力等这些维度上体现出来。随着智能电网和数字化技术的深度融合,未来在进行系统设计的时候,需要进一步把能效管理模块整合进来,推动配电网朝着低碳化、弹性化的方向去升级,进而为新型电力系统的建设提供底层的有力支撑。

参考文献

- [1] 高东升,胡思昊,张效闻.无线发射台35kV供配电系统的检修和维护探析[J].数字传媒研究,2024,41(2):68-70.
- [2] 徐泽钧.玉北六35kV供电系统规划与实施[J].中国设备工程,2023(12):195-197.
- [3] 官诗军.数据中心35kV变电站供配电系统设计[J].汽车博览,2023(4):38-40.
- [4] 杨建军.钢铁企业10kV和35kV供配电系统中性点接地方式探讨[J].机电信息,2011(3):2-3.
- [5] 王岛.10kV和35kV供配电系统中性点接地方式分析[J].电力系统装备,2021(000-024):1-2.