

电气工程中强电设计与施工技术分析

胡佳栋

上海市政工程设计研究总院集团有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i10.17189

[摘要] 本文聚焦电气工程中强电设计与施工技术。先阐述强电系统在电气工程里的基础地位,接着从负荷计算、变配电所设计等多方面分析设计技术要点,再探讨设备安装、电缆头制作等施工技术关键。同时,展望数字化设计工具、绿色节能及智能化运维等技术优化方向与未来趋势,旨在为强电系统设计与施工提供全面且实用的参考,推动电气工程领域技术进步。

[关键词] 强电系统; 电气设计; 施工技术

中图分类号: TM75 **文献标识码:** A

Analysis of High-Power Electrical Design and Construction Techniques in Electrical Engineering

Jiadong Hu

Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute (Group) Co., Ltd.

[Abstract] This paper focuses on the design and construction techniques of high-power electrical systems in electrical engineering. It begins by elaborating on the fundamental role of high-power systems in electrical engineering, then analyzes key design technical aspects including load calculation and substation design, followed by a discussion of critical construction techniques such as equipment installation and cable termination. Simultaneously, it explores technological optimization directions and future trends, including digital design tools, green energy efficiency, and intelligent operation and maintenance. The aim is to provide comprehensive and practical references for the design and construction of high-power systems, promoting technological advancement in the field of electrical engineering.

[Key words] High-Power Systems; Electrical Design; Construction Techniques

引言

在电气工程领域,强电系统占据核心地位,承担着电能传输、分配与动力驱动等关键任务,其设计与施工质量直接影响整个电气系统的运行效能与安全稳定。随着科技不断发展,对强电系统设计与施工提出了更高要求。本文深入剖析强电系统设计与施工要点,并探讨技术优化方向与未来发展趋势,以助力电气工程领域实现更高效、可靠、绿色的发展。

1 强电系统在电气工程中的基础

强电系统作为电气工程的核心基础,承担着电能传输、分配及动力驱动的关键职能,其稳定性直接决定整个电气系统的运行效能。与弱电系统侧重信号处理不同,强电系统以高电压、大电流为主要特征,覆盖发电、输电、变电、配电等全链条环节,是工业生产、建筑工程及民生用电的能量载体。在电气工程体系中,强电系统为各类设备提供动力源,如工业电机、建筑照明、特种设备等均依赖其稳定供电。同时强电系统的设计与施工需严格遵循电气安全规范,兼顾供电可靠性与运维便捷性^[1]。从系

统架构来看,其包含变配电设备、输电线路、保护装置等核心组件,各部分协同实现电能的高效转换与安全输送。

2 电气工程中强电系统设计技术分析

2.1 负荷计算与供电方案设计

负荷计算与供电方案设计是强电系统设计的首要环节,直接影响系统供电质量与经济性。负荷计算需结合工程类型(工业、民用、公共建筑等),采用需用系数法、二项式法等科学方法,精准核算不同工况下的有功负荷、无功负荷及视在功率,避免因计算偏差导致设备过载或容量冗余。设计时需调研用电设备参数、运行规律及未来扩容需求,如工业场所需考虑电机启动冲击负荷,商业建筑需兼顾峰谷用电差异。供电方案设计需依据负荷计算结果,确定供电电压等级、电源接入方式及备用电源配置。同时,需优化供电网络架构,减少电压损失与电能损耗,通过无功补偿装置提升功率因数。方案设计还需符合当地电网规划,协调与供电部门的接口,确保系统接入的可行性与安全性。

2.2 变配电所设计要点

变配电所作为强电系统的电能转换核心,其设计需兼顾安全性、经济性与运维便利性。选址时需避开易燃易爆环境、低洼积水区域及地震活动带,同时考虑进出线便捷性与设备运输通道。所内布局需遵循“分区明确、操作安全”原则,划分高压配电区、变压器区、低压配电区及控制值班室,各区域设置安全隔离设施与警示标识。变压器选型需匹配负荷特性,根据负荷等级确定容量与接线方式,如工业负荷常用Dyn11接线变压器以适应不平衡负荷。高压配电设备需选用具有可靠灭弧性能的开关设备,配备过流、过压、短路等保护装置;低压配电系统需合理配置断路器、漏电保护器,实现分级保护。另外,变配电所需设计完善的通风、散热与消防系统,如采用自然通风结合机械排风的散热方案,配备气体灭火装置应对电气火灾。

2.3 线路选型与敷设技术

线路选型与敷设技术直接关系强电系统的传输效率与运行安全,需结合工程环境、负荷参数综合决策。导线选型需依据载流量、电压损失、机械强度等指标,常用铜芯或铝芯电缆,其中铜芯电缆因导电性能好、抗腐蚀强,在重要场所优先选用。电缆截面选择需通过载流量计算与电压损失校验,避免因截面过小导致过热烧毁。敷设方式需根据场景特性确定,室内常用桥架敷设、穿管暗敷,室外可采用直埋敷设、电缆沟敷设或架空敷设。桥架敷设需做好防腐处理,分层布置强弱电电缆以避免干扰;直埋敷设需选择耐腐蚀电缆,设置警示标识与防护垫层;架空敷设需控制档距与高度,避开障碍物^[2]。特殊环境如高温、潮湿、易燃易爆场所,需选用专用耐环境电缆,如阻燃电缆、耐火电缆。敷设过程中需保障电缆弯曲半径符合规范,避免机械损伤,同时做好接地处理,提升线路抗干扰能力与安全性。

2.4 防雷与接地系统设计

防雷与接地系统是强电系统抵御自然灾害、保障设备安全的关键,设计需遵循“预防为主、综合治理”原则。防雷设计分为外部防雷与内部防雷,外部通过避雷针、避雷带、避雷网等接闪装置拦截雷电,引导雷电流入地;内部需对配电系统安装浪涌保护器(SPD),抑制雷电感应过电压对设备的冲击。接闪装置的布置需覆盖整个防护区域,确保无保护盲区,针式接闪器需按滚球法确定安装高度与保护范围。接地系统设计需根据功能需求划分工作接地、保护接地、防雷接地等,合理选择接地极材料与布置方式,如采用镀锌角钢、钢管作为垂直接地极,水平接地体采用镀锌扁钢。接地电阻需满足规范要求,如变配电所工作接地电阻通常不大于 4Ω ,防雷接地电阻不大于 10Ω 。对于复杂场地,可采用联合接地系统,通过等电位联结将各接地系统整合,减少电位差引发的安全隐患,同时定期检测接地电阻,确保系统长期有效。

2.5 照明与动力系统协同设计

照明与动力系统作为强电系统的终端应用,协同设计需实现功能互补与能效优化。照明系统设计需结合场所功能确定照度标准、光源类型及控制方式,如车间采用高亮度LED工矿灯,办公室采用可调光荧光灯,公共场所设置声控或光控开关。动力

系统需根据电机、水泵等设备参数,确定供电电压、启动方式及保护配置,如大容量电机采用软启动或变频启动方式,减少启动冲击对电网的影响。协同设计的核心是负荷均衡分配,通过合理规划分配电回路,避免某一回路同时承载大量照明与动力负荷导致过载。同时需统筹考虑能效管理,采用智能控制系统实现照明与动力设备的联动控制,如工厂下班时自动关闭照明与非必要动力设备。此外,两者的导线选型与敷设需分开规划,减少动力设备产生的电磁干扰对照明系统的影响,保障供电稳定性。

3 电气工程中强电工程施工技术要点

3.1 设备安装与调试技术

设备安装与调试是强电工程施工的核心环节,直接决定系统运行性能,需严格遵循施工规范与设备说明书。安装前需做好准备工作,包括设备进场检验(核对型号、外观检查、性能参数检测)、基础放线找平、预留孔洞复核等,确保设备安装位置精准、基础牢固。变配电设备安装时,变压器吊装需控制起吊速度与角度,避免碰撞;高压开关柜安装需保证垂直度与水平度,柜间连接紧密。动力设备如电机安装需精准校准同心度,减少运行振动与噪音^[3]。调试工作分阶段开展,先进行单体设备调试,如变压器绝缘电阻测试、断路器分合闸试验;再进行系统联动调试,模拟各类运行工况检测设备协同性能。调试过程中需使用高精度仪器,如兆欧表、万用表、继电保护测试仪等,详细记录各项参数。对调试中发现的问题,如接触不良、参数偏差等,需及时整改并重新测试,直至所有设备达到设计运行标准,确保投用后稳定可靠。

3.2 电缆头制作与接头工艺

电缆头制作与接头工艺是保障电缆连接质量的关键,施工质量直接影响线路绝缘性能与使用寿命,需严格把控各工序质量。施工前需准备专用工具(剥线钳、压接钳、加热枪等)与材料(绝缘胶带、热缩管、接线端子等),并对电缆端部进行绝缘检测。制作过程中,剥切电缆外皮、绝缘层时需控制深度,避免损伤导体与内护套;导体连接采用压接方式,确保压接牢固、接触电阻小,压接后去除毛刺并清理杂物。绝缘处理是核心工序,采用热缩法或冷缩法进行绝缘包裹,热缩时需控制加热温度与速度,保证热缩管紧密贴合、无气泡;冷缩时需均匀拉伸冷缩管,确保充分收缩。接头部位需做好防水、防腐处理,室外或潮湿环境需加装防水外壳,涂刷防腐涂料。制作完成后,需进行绝缘电阻测试与耐压试验,检测绝缘性能是否达标,同时做好标识,注明电缆型号、走向及接头位置,便于后期运维。

3.3 接地装置施工质量控制

接地装置施工质量直接关系强电系统安全,需从材料选择、施工工艺到检测验收全流程管控。材料选用需符合规范要求,接地极优先选用热镀锌钢材(角钢、钢管、扁钢),避免使用锈蚀严重的材料,确保导电性能与耐腐蚀性。施工时,垂直接地极采用机械钻孔或打入法安装,深度不小于2.5米,间距不小于5米;水平接地体敷设深度不小于0.8米,与建筑物距离不小于1.5米,敷设后回填细土并分层夯实。接地体连接采用搭接焊,搭接长度需

满足要求(扁钢不小于宽度的2倍,圆钢不小于直径的6倍),焊缝需饱满、无虚焊,焊后及时涂刷防腐涂料。对于联合接地系统,需确保各接地支线与主接地网可靠连接,等电位联结端子箱安装牢固、接线规范。施工完成后,采用接地电阻测试仪检测接地电阻值,若不满足要求,可通过增加接地极数量、采用降阻剂等方式优化,直至达标并形成检测报告,作为验收依据。

3.4 调试与验收标准

调试与验收是强电工程施工的收尾环节,需依据国家规范与设计严格要求执行,确保系统达标投用。调试分为电气性能调试与安全性能调试,电气性能调试包括电压、电流、功率因数等参数检测,确保符合设计值;安全性能调试涵盖绝缘电阻测试、接地电阻测试、漏电保护动作测试等,如绝缘电阻值需满足相应电压等级要求,低压系统通常不小于 $0.5M\Omega$ 。验收工作分阶段进行,隐蔽工程(如接地装置、电缆敷设)需在覆盖前验收,设备安装完成后进行分项验收,全部施工完成后进行竣工验收。验收内容包括施工资料核查(图纸、检测报告、签证单等)与现场实体检查,现场检查重点关注设备安装精度、线路连接质量、安全防护措施等。验收过程中发现的问题需出具整改通知书,施工单位整改后重新验收,直至全部项目符合标准。

4 技术优化与未来趋势

4.1 数字化设计工具应用

数字化设计工具推动强电系统设计精准高效转型。传统二维设计有信息孤岛与设计偏差问题,BIM技术构建三维可视化模型,整合强电系统各专业数据,实现设计、施工、运维全生命周期协同,通过碰撞检测提前发现冲突,减少施工返工。专业电气设计软件如EPLAN等,能自动生成电气原理图、参数化元件选型、自动计算导线截面积,提高设计效率^[4]。数字化工具还支持与仿真软件联动,优化供电系统。云端协同设计平台让团队实时共享数据、远程协作,缩短设计周期。未来,数字化设计将与大数据、人工智能结合,实现设计方案智能优化与风险预判,进一步提升设计质量与效率。

4.2 绿色节能技术发展

绿色节能是强电系统技术发展核心趋势,契合“双碳”目标,全链条推进节能优化。能源供给端,新能源与强电系统融合紧密,

微电网技术实现新能源就地消纳。变配电设备优化是关键,高效节能变压器损耗大幅降低,已广泛推广;高压变频技术按需供能,降低能耗。照明系统节能显著,LED光源结合智能控制系统,减少无效能耗。电能质量优化技术抑制谐波污染,提升利用效率。未来,绿色节能技术将深度化、集成化发展,结合储能技术实现能源削峰填谷,推动强电系统向低碳化转型,助力能源可持续发展与环境保护。

4.3 智能化运维方向

智能化运维重构强电系统运维模式,向“预测性维护、智能管控”转型。物联网、大数据与人工智能是核心技术支撑,在设备线路上安装传感器采集运行数据,经物联网传至云端。大数据分析平台挖掘数据,识别设备异常趋势,提前安排维护。人工智能实现运维决策智能化,智能诊断算法识别故障并给出方案;机器人巡检提升高危偏远场所效率与安全性。数字孪生技术构建虚拟模型,为运维优化提供可视化支撑。未来,智能化运维将实现多系统协同管控,结合5G技术远程实时控制,打造“无人值守、智能管控”新模式,提升运维效率与可靠性,降低运维成本。

5 结束语

综上所述,电气工程中强电设计与施工技术至关重要,关乎系统运行质量与安全。从设计环节的精准规划到施工环节的严格把控,再到不断探索数字化、绿色节能、智能化等优化方向,每一步都推动着强电系统向更高水平迈进。未来,随着技术持续创新,强电系统将更好地服务于各领域,为社会发展提供坚实的电力保障,创造更大价值。

[参考文献]

- [1]连佳宇,戚译夫.电气工程中强电设计与施工技术分析[J].通信电源技术,2023,40(1):59-62.
- [2]赵玉霖,王丽.电气工程中强电设计与施工技术分析[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(4):124-125.
- [3]姬磊,孙阳阳.电气工程中强电设计与施工技术分析[J].全体育,2021(6):109-110.
- [4]张文秋,滕永权.电气工程中强电设计与施工技术[J].电脑采购,2025(1):155-157.