

电力工程设计中电力系统规划设计的运用探究

张魏盼¹ 桑志超²

1. 国网河南省电力公司驻马店供电公司; 2. 国网河南省电力公司安阳供电公司

摘要: 高效的电力系统规划设计, 在电气工程中至关重要, 影响可靠性、安全性和成本效益。本文首先探索电力系统规划, 涉及负荷估计、设备选择、电网配置和安全考虑。然后提出设计阶段的重点, 包括确定设备尺寸、电缆布线、保护系统和自动化。通过精心的规划和设计, 有助于提高可靠性、减少停机时间, 并提高能源效率, 与电力行业的可持续发展目标保持一致。

关键词: 电力工程; 电力系统; 规划; 设计

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.09.046

引言

电力行业作为我国基础性产业, 是人们赖以生存的重要保障, 在国民经济当中发挥着非常重要的作用, 因此电力工程一直被十分重视。高效的电力系统设计在电力系统中至关重要, 影响着各种应用的功能、安全性和成本效益。因此, 本文主要对电力系统规划设计的内容进行详细分析, 所有这些都助于提高系统效率和可靠性。

一、电气工程中高效电力系统设计的重要性

高效的电力系统设计, 在电气工程中至关重要, 因为它对现代生活的各个方面都有重大影响。无论是为家庭、工业、交通还是通信网络供电, 电力系统在实现功能和确保安全方面都发挥着至关重要作用。(1) 可靠性和安全性。电气工程的主要关注点之一, 是确保电力系统的可靠性和安全性。高效的设计实践, 有助于最大限度地减少系统故障、电气故障以及短路或电气火灾等危险的可能性。通过实施稳健的设计, 可以确保电力系统在正常条件下安全运行, 并能够承受意外事件或过载。(2) 优化资源利用。高效的电力系统设计, 旨在优化能源、材料和设备等资源的利用。通过根据负载要求仔细规划和选择组件, 可以最大限度地减少浪费并提高系统效率, 这不仅降低了运营成本, 还通过节约资源促进可持续发展。(3) 成本效益。有效的设计策略, 可以在电力系统的整个生命周期中节省成本。通过准确估计负载、选择适当尺寸的设备和优化布局, 可以最大限度地减少初始资本支出和持续运营费用。此外, 高效的设计可以减少维护要求和停机时间, 进一步提高成本效益。(4) 可扩展性和灵活性。在当今的动态环境中, 电力系统必须适应不断变化的需求和未来的扩展。高效的设计实践, 可以轻松集成新组件或技术, 并进行

修改以适应不断变化的需求, 从而促进可扩展性和灵活性。这确保了电力系统可以增长或适应, 而不需要大量的重新设计或更换。(5) 能源效率。随着人们对能源消耗和环境可持续性的日益关注, 能源效率已成为电力系统设计中的一个关键考虑因素。高效设计融合了节能电器、智能电表和可再生能源等技术, 最大限度地减少能源消耗并减少碳排放。通过优化能源使用, 工可以为可持续发展目标做出贡献, 同时降低最终用户的费用成本^[1]。

二、电力系统的规划阶段

电力系统规划是关键阶段, 为电力工程项目的成功实施奠定基础, 涉及一系列旨在评估需求、选择适当设备、配置网络和确保安全的步骤。

(一) 负载估计

负载估计, 是确定系统在各种运行条件下将遇到的电力需求的过程。此步骤对于准确确定设备规模, 并确保系统能够满足预期要求至关重要。有几个因素会影响负载估计, 包括:(1) 负载类型。确定系统将支持的负载类型, 例如照明、暖通空调、机械和电器。每种类型的负载, 都有不同的特性和要求, 在估算时需要考虑。(2) 负载概况。分析历史数据或进行调查, 了解负载概况, 包括峰值需求、每日变化和季节性波动, 此信息有助于确定系统将经历的最大和平均负载。(3) 多样性因素。考虑减少多个负载同时需求的多样性因素, 例如所有设备同时满负荷运行的可能性。应用适当的多样性因素, 可以确保系统不会过度设计, 从而节省成本。(4) 未来增长。预测电力系统的未来增长和扩展, 以满足随着时间的推移不断增长的需求。将可扩展性纳入负载估计中, 避免频繁升级或更换的需要^[2]。

(二) 设备选择

在估计负载要求后，下一步就是选择合适的设备来高效可靠地满足这些需求。设备选择涉及多个考虑因素，包括：（1）容量和额定值。选择具有足够容量和额定值的设备来处理预期负载，确保在正常运行条件下和高峰需求期间，都能够在指定限制内运行。（2）效率。优先考虑节能设备，以最大限度地减少系统生命周期内的能源消耗和运营成本。评估设备选项时，考虑功率损耗、效率等级和生命周期成本等因素。（3）可靠性和耐用性。从可靠性和耐用性信誉良好的制造商中选购设备。要考虑平均故障间隔时间、保修范围和维护要求等因素，确保长期性能，并最大限度地减少停机时间。（4）兼容性。确保电力系统不同组件（例如发电机、变压器、开关设备和控制系统）之间的兼容性和互操作性。还要验证所选设备是否符合行业标准和监管要求。

（三）电网配置

电网配置定义了电气组件如何互连以形成功能系统，它决定了电网的电力流动、冗余度和可靠性。电网配置的主要考虑因素包括：（1）单线图。绘制单线图，说明电气组件的布局 and 互连，包括发电机、变压器、开关设备、配电板和负载。单线图作为电力系统设计的蓝图，促进利益相关者之间的沟通和协调。（2）配电系统。根据负载特性、可靠性要求、容错能力等因素，确定配电系统架构，如辐射型、环型或环型配置。评估每种配置的优缺点，从而优化电网的效率和弹性。

（3）电压等级。指定电力网络中各个点的电压等级，同时考虑电压降、设备兼容性和监管要求。注重较高电压（可减少电阻损耗）和较低电压（可提高设备安全性和兼容性）之间的平衡。（4）冗余和备份。采用冗余和备份系统，增强电网的可靠性和弹性。实施并行馈线、备用发电机和不间断电源等策略，有效减轻设备故障或断电的影响^[3]。

（四）安全考虑

安全是电力系统设计中重要的考虑因素，包括保护人员、设备，以及周围环境免受危险和风险的措施。在规划阶段，主要安全考虑因素包括：（1）规范和标准：要遵守有关电气安装的相关规范、标准和法规，通过严格遵守这些规定，可确保电力系统满足最低安全要求，并降低事故或违规风险。（2）接地和连接。实施

正确的接地和连接做法，以减轻电气危险，例如电击、设备损坏和电磁干扰。确保根据最佳实践和法规要求设计与安装接地系统，从而保持电气安全和系统完整性。

（3）电弧闪光防护。评估电弧闪光危害的风险，并采取适当措施来减轻潜在后果，包括个人防护装备、电弧闪光研究、设备标签和电弧闪光缓解策略。保护人员和设备免受电弧闪光事件的热和机械影响，最大限度地减少伤害和损坏。（4）紧急停车系统。设计紧急停车系统和程序，以迅速应对异常运行情况、设备故障或安全事件。结合紧急停止按钮、故障检测装置和远程监控功能等功能，促进快速干预，并降低人员和设备的风险。

三、电力系统的设计阶段

设计阶段是一个关键阶段，需要将规划阶段的理念转化为详细的计划和规范。此阶段涉及确定设备尺寸、电缆布线、保护系统以及自动化和控制的具体要求，每个部分在确保电力系统的效率、可靠性和安全性方面都发挥着至关重要的作用。

（一）设备规模

设备规模涉及选择变压器、发电机、开关设备和其他电气设备等组件，从而满足规划阶段确定的负载要求。有几个因素会影响设备的规模：（1）负载特性。考虑负载的类型（例如，电阻性、电感性或电容性）及其运行特性（例如，连续、间歇或峰值），以确定设备的适当容量和额定值。确保所选设备能够有效处理稳态和瞬态负载。（2）电压和电流额定值。将设备的电压和电流额定值与电力系统的要求相匹配，考虑电压降、短路电流承受能力和谐波等因素。设备规模过大或过小，会导致效率低下、损失增加和可靠性降低。（3）多样性和冗余。应用适当的多样性因素，要考虑负载需求的变化并降低设备的总体容量要求。必要时纳入冗余，从而增强系统可靠性，以及提高针对设备故障或维护停机恢复的能力。（4）未来扩展。在确定设备规模时，预计电力系统未来的增长和扩展，从而实现额外的容量和可扩展性。注重设备的布局和配置设计，确保适应未来的升级或修改，而无须进行大量返工或中断操作。

（二）电缆布线

电缆布线涉及规划电缆的布局 and 安装，以连接电力系统的各个组件，例如发电机、变压器、开关设备、配电板和负载。有效的电缆布线对，于确保高效配电、最

大限度地减少电力损耗和维护安全至关重要。电缆布线的主要考虑因素包括：（1）电缆类型和规格。根据应用要求和使用条件，选择具有适当额定电压、载流能力、绝缘材料和环保特性的电缆。此外，要确保遵守有关电缆安装和性能的标准法规。（2）路线规划。制定全面的电缆布线计划，确定电缆敷设的最佳路径，同时考虑距离、可达性、环境条件，以及其他系统或设备的干扰等因素。要最大限度地减少电缆长度、弯曲和障碍物，从而减少电压降、发热和安装复杂性。（3）电缆支撑和保护。为电缆提供足够的支撑和保护，防止机械损坏、磨损、振动和环境危害。根据需要使用电缆桥架、导管、管道和保护屏障来固定电缆，并在其整个使用寿命期间保持完整性。（4）隔离和分离。将电源线与信号线、通信线和其他非电力系统分开，最大限度地减少电磁干扰和串扰。保持电缆之间的间隙和间隔距离，确保符合安全法规，并防止意外的耦合或感应效应^[4]。

（三）保护系统

保护系统对于保护电气设备、人员和周围环境免受各种电气危险及故障的影响至关重要。这些系统能够检测异常情况，例如过载、短路、接地故障和电压暂降，并启动适当的操作来隔离或减轻故障的影响。保护系统的关键要素包括：（1）过流保护。安装过流保护装置，如保险丝、断路器和继电器，可以检测和中断可能损坏设备或造成安全隐患的过大电流。协调保护装置以确保选择性跳闸，并最大限度地减少故障情况下对系统运行的干扰。（2）接地故障保护。实施接地故障保护方案，检测造成电击或火灾风险的绝缘故障、接地故障和杂散电流。使用接地故障继电器、漏电断路器（RCD）和接地故障断路器（GFI），检测接地故障并及时断开故障电路。（3）差动保护。采用差动保护方案，检测变压器、电机、发电机和其他高价值资产内的内部故障。利用电流互感器（CT）和电压互感器（PT），测量保护区内的差动电流和电压，确保在异常情况下触发跳闸信号。（4）协调和选择性。协调整个电力系统的保护装置，实现保护区之间的最佳选择性和区分度。调整时间-电流特性、继电器整定值和协调曲线，确保保护装置按正确的顺序动作，选择性地隔离故障，而不会造成不必要的停电^[5]。

（四）自动化与控制

自动化与控制系统通过提供实时监测、控制和优化功能，有利于提高电力系统的运行效率、可靠性和安全性。这些系统自动执行日常任务，促进远程操作，并实现预测性维护，从而最大限度地减少停机时间，并最大限度地提高生产力。自动化和控制的关键方面包括：（1）监控和数据采集系统。实施监控和数据采集（SCADA）系统，从集中位置远程监控和控制电力资产、流程和数据。使用SCADA软件、人机界面和通信协议，确保能够实时可视化系统状态、警报和性能指标。（2）可编程逻辑控制器。部署可编程逻辑控制器（PLC），执行自动化流程和设备的逻辑功能、排序和控制算法。使用梯形逻辑、功能块或结构化文本，对PLC进行编程，从而实施针对特定应用定制的控制策略、互锁和安全功能。（3）分布式控制系统。利用分布式控制系统（DCS），集成和协调整个电力系统中的多个控制回路、设备和子系统。采用DCS软件、控制器和通信网络，调节过程变量、优化能耗，并在不同的操作条件下保持系统稳定性。（4）远程监控和诊断。启用远程监控和诊断功能，实时检测设备故障、性能偏差和异常情况。实施预测分析、状态监测和预测维护算法，从而主动识别潜在问题，并在故障发生之前安排纠正措施。

结语

总之，在电力工程中，全面科学的电力系统规划和设计，对于确保可靠、安全和高效的电力系统至关重要。通过优先考虑效率、可扩展性和符合标准，工程师可以实现最佳电力工程性能，并为现代基础设施的可持续发展做出贡献。

参考文献

- [1] 李喜龙, 李燕. 电力工程设计中电力系统规划设计的运用分析[J]. 科技风, 2020(13): 190-191.
- [2] 张斌. 电力工程设计的电力系统规划设计浅谈[J]. 科技资讯, 2020(07): 40-42.
- [3] 刘铎明. 电力工程设计中电力系统规划设计应用分析[J]. 技术与市场, 2019(11): 153-155.
- [4] 胡丽. 电力系统规划设计在电力工程设计中的应用[J]. 信息化建设, 2020(02): 277-278.
- [5] 赵凌宇. 浅谈电力工程设计中电力系统规划设计的应用[J]. 科技展望, 2019(16): 98-99.