

电力供电系统关键技术研究

周 飞

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750001

摘要: 众所周知, 电力供电系统的关键技术研究是推动电力行业可持续发展的关键。基于此, 本文简要介绍了电力供电系统的基本构成, 分析了电力供电系统关键技术, 涉及高效发电与输电技术、智能配电与用电技术、电力系统保护与自动化技术、电力电子设备与储能技术等方面, 以期相关部门提供参考和借鉴。

关键词: 电力; 供电系统; 关键技术

引言

随着社会对电力需求的不断增长, 电力供电系统的稳定性和可靠性成为关键。近年来, 随着清洁能源的发展和革新, 电力系统正在经历深刻的变革。这一背景下, 电力供电系统的关键技术研究显得尤为重要。通过技术创新, 不仅可以提高电力系统的能效和可靠性, 还能推动清洁能源的广泛应用, 减少对传统化石燃料的依赖。

1 电力供电系统的基本构成

电力供电系统是现代社会的基石, 为各类生产和生活活动提供稳定、可靠的电力供应。其基本构成主要包括发电、输电、配电和用电四个主要环节, 以及与之配套的一系列电力设备和辅助系统。发电环节是电力供电系统的起点, 主要任务是将各种一次能源(如煤炭、石油、天然气、水力、风力、太阳能等)转化为电能。这一环节的核心设备是发电机, 它通过机械能转换为电能的方式, 将一次能源中的能量转化为电能^[1]。发电厂的规模和类型多种多样, 从大型的水电站、火电站到分布式的小型风电、光伏电站, 它们共同构成了电力系统的发电侧。输电环节则是将发电厂产生的电能输送到远方的用电区域, 由于电能传输过程中存在损耗, 且为了降低线路成本和减少损耗, 输电通常采用高压或超高压技术。输电线路通常由导线、避雷线、杆塔、绝缘子等构成, 它们共同确保了电能的安全、高效传输。配电环节则是将输电系统送来的电能分配到各个用电单位或用户, 配电系统通常由配电变电站、配电所、配电线路等组成。配电变电站将高压电能转换为适合用户使用的低压电能, 然后通过配电线路将电能输送到用户端。配电线路包括架空线路和电缆线路两种, 它们根据用电区域的实际情况和用电需求进行选择 and 布局。在配电过程中, 还需要进行电能的分配和调节, 以确保各个用户能够获得稳定、可靠的电力供应。用电环节则是电力供电

系统的终点, 也是电能的最终消费者。用电设备种类繁多, 包括照明设备、动力设备、家用电器等。它们通过各自的用电回路与配电系统相连, 将电能转换为各种形式的能量(如热能、机械能、光能等)以满足生产和生活的需要。在用电过程中, 还需要进行电能的计量和计费, 以确保电力市场的公平、公正运营。

2 电力供电系统关键技术研究

2.1 智能化电力管理技术

电力供电系统作为现代社会能源供应的重要基础设施, 其关键技术的研究与发展对于提高供电效率、保障供电安全以及推动能源转型具有重要意义。其中, 智能化电力管理技术作为当前研究的热点, 正逐步改变着传统电力供电系统的运行模式和管理方式。智能化电力管理技术是一种基于先进通信、传感、计算和控制技术的综合管理系统, 它能够实现电力供电系统的自动化、可视化和可控化。这一技术通过集成多种智能设备和系统, 如智能电网、智能电表、智能调度中心等, 实现了对电力供电系统的全面监测、分析和控制。在智能化电力管理技术中, 智能电网是核心组成部分, 智能电网利用先进的通信和信息技术, 实现了电网的智能化管理和互联互通。它能够实时监测电网的运行状态, 包括电压、电流、功率等关键参数, 并通过智能算法进行数据分析, 预测电网的负荷变化和故障风险。同时, 智能电网还能够根据实际需求, 自动调整电网的运行策略, 如优化电力分配、平衡供需关系等, 以确保电网的稳定运行和高效供电。其次, 智能电表作为智能化电力管理技术的另一重要组成部分, 实现了对用户用电情况的实时监测和计量。通过智能电表, 用户可以清晰地了解自己的用电情况, 包括用电量、用电时间、用电成本等, 从而更加合理地安排用电计划, 降低用电成本。同时, 智能电表还能够将用电数据实时上传至电网管理系统, 为电网的智能化管理提供数据支持^[2]。智能调度中心则是智

能化电力管理技术的中枢大脑，它通过对电网运行数据的实时监测和分析，能够及时发现电网中的异常情况和潜在风险，并自动调整调度策略，以确保电网的安全运行。此外，智能调度中心还能够根据用户的用电需求和电网的负荷情况，制定合理的电力分配计划，实现电力资源的优化配置。此外，除了智能电网、智能电表和智能调度中心外，智能化电力管理技术还涉及多种智能设备和系统的集成与应用。例如，智能变电站、智能配电房等智能设备能够实现电力设备的远程监控和自动化控制；智能储能系统则能够实现对电能的储存和释放，平衡电网的供需关系；智能用电管理系统则能够实现对用户用电行为的智能管理和优化。

2.2 电力系统稳定控制系统

稳控系统的主要功能包括预防控制、紧急控制和恢复控制。预防控制通过监测电力系统的运行状态，预测可能发生的故障或扰动，并提前采取措施避免其发生；紧急控制则是在系统出现紧急状态时，迅速执行各种控制措施，如切机、切负荷、快关汽门等，以遏制事态发展，防止系统崩溃；恢复控制则是在系统故障后，通过调整系统参数和运行状态，使系统尽快恢复到正常运行状态。此外，根据电网规模和各厂站之间的功能，稳控系统可以分为就地型稳定控制、区域稳定控制系统和混合型稳定控制三类。就地型稳定控制装置单独安装在一个厂站，与其他安全稳定控制装置之间不交换信息，主要解决本厂站母线、主变或出线故障时出现的稳定问题。区域稳定控制系统则涉及两个或两个以上的厂站，通过信息信道和通信接口设备联系在一起，共同解决一个区域电网的稳定问题。混合型稳定控制系统则结合了前两者的优点，既考虑到就地信息的快速响应，又兼顾了区域信息的全局协调。而在实际应用中，稳控系统需要面对多种挑战。例如，电力系统中的负荷和电源可能随时发生变化，这要求稳控系统具有高度的自适应性和灵活性。此外，随着可再生能源的大规模接入，电力系统的动态特性变得更加复杂，给稳控系统的设计和运行带来了更大的难度。因此，稳控系统需要不断采用新技术和新方法，以提高其控制精度和响应速度。为了应对这些挑战，电力系统稳定控制技术也在不断发展。如励磁控制技术通过调节电力系统中的励磁系统，控制发电机和输电线路的电压和电流稳定。无功补偿控制技术则通过在电力系统中加入无功补偿装置，控制电压的幅值和相位，以提高电力系统的稳定性。

2.3 电力系统保护与自动化技术

继电保护与故障定位技术是电力系统安全运行的第

一道防线，当电力系统发生故障时，继电保护装置能够迅速、准确地识别故障并切断故障部分，防止故障扩大，保护电力系统的其他部分不受损害。这些保护装置通常基于电流、电压等电气量的变化来检测故障，如过电流保护、差动保护等。同时，随着技术的发展，故障定位技术也越来越精确，能够迅速确定故障位置，为维修人员提供准确的信息，缩短故障恢复时间。并且，电力系统自动化技术，特别是SCADA（监控控制与数据采集）系统和EMS（能量管理系统）的应用，极大地提高了电力系统的运行效率和可靠性。SCADA系统通过远程终端单元（RTU）对电力系统进行实时监控和数据采集，包括电压、电流、功率等关键参数。这些数据被传输到主站计算机进行处理和分析，以支持运行人员做出正确的决策和控制操作。EMS系统则进一步实现了对电力系统能量管理和数据分析的功能，它可以监控和管理电力系统的能源消耗，优化能源分配，提高能效和运行效率。EMS系统还能够对电力系统的负荷进行管理和调度，实现负荷均衡，以及对电力系统的发电、输电和配电过程进行优化和协调，以提高电力系统的稳定性和经济性。与此同时，电力系统稳定性控制技术是确保电力系统在遇到扰动时能够快速恢复到平稳运行状态的关键，电力系统稳定性包括静态稳定性和动态稳定性两个方面^[1]。静态稳定性主要指系统在不同负载情况下的稳定性，通过电网安全分析、电力系统最优控制和现场调度等方法来确保。而动态稳定性则是指系统在遇到各种扰动（如突然负载变化、线路短路等）后能够快速恢复到平衡状态，这通常通过自适应控制、智能控制和模型预测控制等方法来实现。这些控制技术能够根据电力系统的实际情况自动调整控制参数，以适应未知负载和风险因素，从而确保电力系统的稳定运行。

2.4 电力电子设备与储能技术

（1）高效电力电子变换器技术是电力电子设备领域的核心，电力电子变换器主要负责将电能从一种形式转换为另一种形式，以满足不同负载的需求。高效电力电子变换器通过采用先进的开关器件（如IGBT、MOSFET等）、优化电路拓扑结构、采用先进的控制策略等手段，实现了电能的高效转换。这不仅降低了能源损耗，还提高了电力系统的稳定性和可靠性。此外，高效电力电子变换器还具备快速响应的能力，能够实时监测电力系统的运行状态，并根据需要进行快速调节，从而确保电力系统的稳定运行。（2）储能技术在电力系统中的应用日益广泛，成为提高电力系统灵活性和可靠性的重要手段。储能技术可以将电能转换为其他形式的能量储

存起来,如化学能(电池储能)、机械能(抽水蓄能、压缩空气储能)等。在电力需求低谷时,储能系统可以充电以储存廉价电能;而在电力需求高峰时,储能系统可以放电以弥补供电缺口,平滑电力负荷曲线。这种应用有助于平衡电网的供需关系,提高电力系统的运行效率。并且,储能技术还可以解决可再生能源发电的间歇性和波动性问题,通过存储过剩电能并在需要时释放,使可再生能源的输出更加平稳和可靠。(3)电动汽车与电网互动技术(V2G)是近年来兴起的一种新型能源管理技术,它允许电动汽车与电网进行双向能量交换,即电动汽车可以在电网负荷高峰时向电网提供电能,而在电网负荷低谷时从电网吸收电能进行充电。这种技术不仅提高了电网的效率和可靠性,还为电动汽车用户带来了经济效益。通过V2G技术,电动汽车的电池组可以作为移动储能装置,根据电网的需求进行充放电操作。这不仅有助于平衡电网负荷,减少电网在高峰时段的负担,还能在低谷时段存储过剩电能,提高能源利用效率。同时,V2G技术还可以为电网提供辅助服务,如频率调节、电压支持等,进一步增强电网的稳定性和可靠性。

2.5 电气实验技术

电气实验技术是确保电气设备安全、可靠运行的关键环节,尤其在35kV电压等级下,其实验目的与要求更为严格。35kV电压等级电气实验的主要目的是验证设备在额定电压下的绝缘性能、电气性能及运行可靠性,实验要求严格遵循国家电气设备标准,确保设备在高压环境下的安全运行。具体而言,实验需满足以下要求:实验设备应精确可靠,能够准确测量各项电气参数;实验人员需具备专业知识和操作技能,确保实验过程的安全与准确;实验结果应符合国家相关标准和规定,对于不合格的设备应及时进行维修或更换。在绝缘电阻实验中,主要测量设备绝缘部分的电阻值,以评估其绝缘性能。绝缘电阻值的大小直接反映了设备绝缘材料的优劣和老化程度^[4]。对于35kV电压等级的设备,其绝缘电阻值应满足一定标准,通常使用兆欧表进行测量。在实验

过程中,需确保设备已断电并充分放电,以避免触电危险。同时,应注意测量环境的温度和湿度,因为这些因素会影响绝缘电阻的测量结果,绝缘电阻实验的标准值通常根据设备的额定电压、绝缘等级及使用环境等因素进行设定。而介质损耗实验旨在测量电气设备在交流电压作用下,由于介质电导和介质极化的滞后效应而产生的能量损耗,介质损耗的大小直接反映了设备绝缘材料的性能和老化程度。在实验中,通常使用介质损耗测试仪进行测量,该仪器能够自动计算介质损耗角正切值和电容量。对于35kV电压等级的设备,其介质损耗值应控制在一定范围内,以确保设备的正常运行和安全性。实验过程中,需确保测试电压和频率的稳定性,以获得准确的测量结果。此外,在35kV电压等级下,耐压试验需按照国家标准进行,通常使用交流耐压测试仪进行测试。实验过程中,设备需承受一定时间的额定试验电压,以检验其绝缘结构的可靠性。

结语

综上所述,电力供电系统关键技术的研究是推动电力行业可持续发展的重要途径。智能电网的建设、配电自动化技术的应用、分布式电源与微电网技术的发展以及电力设备智能化水平的提升,为实现高效、清洁、安全的电力系统提供了有力支持。未来,应继续加强技术研发和创新,提高电力系统的整体能效和可靠性,同时推动清洁能源的广泛应用,为实现碳达峰和碳中和目标作出更大贡献。

参考文献

- [1]冯旭,李博成.肯尼亚基苏木铁路枢纽分工布局研究[J].铁道运输与工经济,2020,42(4):95-97.
- [2]胡银全,张浩然,刘杰.城市轨道交通牵引供电及电力技术[J].南方农机,2020,51(08):203-204.
- [3]陈杰.城市轨道交通牵引供电系统的技术发展研究[J].装备维修技术,2019(03):192.
- [4]詹广振.牵引变电所220kV电源进线缺相运行原因分析及改进措施[J].电气化铁道,2020,31(5):90-92.