

智能电网中输变电技术的应用探究

张忠谋

(黄冈供电公司黄冈东源电业集团有限公司建设分公司 湖北省黄冈市 438000)

智能电网是指利用先进的信息技术和通信技术,将传统电力系统与新兴能源、储能技术等进行融合,实现电力系统的智能化、高效化和可靠化。而输变电技术则是智能电网中至关重要的一部分,负责将电能从发电厂输送到用户终端,实现电能的传输和分配。本文在阐述智能电网与输变电技术的基础上,对柔性交流输电技术、特高压交流输电技术、轻型高压直流输电技术、同步相量测量技术、智能感应技术,及能源转换技术进行分析,并提出保障智能电网输变电技术应用效果的措施。

1. 智能电网与输变电技术概述

1.1 智能电网

智能电网(Smart Grid)是指基于先进的通信、传感、计算和控制技术,将传统电力系统与信息通信技术相融合,实现电力的高效、可靠、安全、可持续的供应和利用的新一代电网系统^[1]。通过实时监测和控制电力系统的各个环节,实现电力的优化调度、可持续能源的集成、用户参与和需求响应等功能,以提升电力系统的经济性、可靠性和可持续性。智能电网的核心技术包括智能计量、远程监测和控制、智能配电网、能源管理系统等。智能电网的应用领域广泛,包括电力生产、传输、配送、用户用电等各个环节,可以提供给用户更加智能化、灵活化的用电服务,实现用电需求的精确预测和响应。同时,智能电网可以促进可再生能源的大规模接入和管理,实现清洁能源的可持续利用;为电力系统的安全监测和故障处理提供技术支持,提高电力系统的抗灾能力和恢复能力。

1.2 输变电技术

输变电技术是用于电力输送和变压的一系列技术和设备,主要包括输电线路、变电站和变压器等^[2]。其中,输电线路是将发电厂产生的电能从源头输送到各个用电地点的重要设施,由导线、绝缘子、支撑结构和地线等组成。导线用于传输电能,绝缘子用于支撑导线并防止电能泄漏,支撑结构用于支撑导线和绝缘子,地线用于保护输电线路和设备。输电线路根据输电距离和电压等级的不同,分为高压直流(HVDC)输电线路和交流(AC)输电线路^[3]。变电站用于将输送来的电能进行变压、分配

和控制的设施,由变压器、开关设备、电容器、电抗器和保护装置等组成。变压器是输变电系统中的关键设备,用于将电能的电压进行升压或降压,由铁心和绕组组成。

2. 智能电网中输变电技术的应用

2.1 柔性交流输电技术

在智能电网中,柔性交流输电技术是输变电技术的一项重要应用,通过使用高级电力电子设备和智能控制系统,实现对交流电能的灵活控制和优化调度,以提高电网的稳定性、可靠性和经济性。柔性交流输电技术包括:

静态无功补偿(SVC)技术,通过电压控制或无功功率控制实现对电网的补偿,用于提高电网的稳定性、调节电压的波动和降低传输损耗^[4]。该技术具备双向连续平滑调节、快速响应和易于运行维护等功能。同时,SVC的电容性电流不受电压影响,即使在电压下降的情况下仍能产生较大的电容性电流,且SVC端电压稳定,不受外界条件影响。但由于其电容器电量较小,将其应用于智能电网时不会产生低频谐振问题。

静态无功发生装置(SVG),使用电力电子设备(如IGBT)来控制电压源,可以快速响应电网的无功功率需求,提供或吸收无功功率,以维持电网的电压稳定^[5]。该装置具有较高的无功功率控制能力和响应速度,可以实时检测电网的运行状况,以合理控制无功功率的输出。

统一潮流控制装置(UPFC)(图1所示),由串联变流器和并联变流器两个部分组成,采用不同的线路连接方式。该装置的主要功能是实现对有功功率的吸收和注入,能够有效控制和调节电网的运行状态。

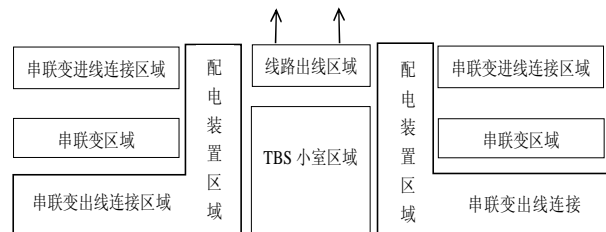


图1 统一潮流控制装置(UPFC)技术应用示意图

2.2 特高压交流输电技术

特高压交流输电技术(图2所示)是应用于1000kV以上电压等级的交流输电技术,包括绝缘材料应用、过

电压控制、高压稳定性仿真等^[6]。在实际应用中，特高压交流输电技术使用高压并联电抗器和金属封闭组合电器等设备，可以模拟特高压条件下电网的运行状态，评估电网运行指标，并制定合理的电网运行方案。同时，该技术还能控制电磁环境，减少电晕损失、噪声和电磁辐射。另外，特高压交流输电技术还可以利用机器等方式进行电压深度控制。特高压交流输电技术应用可以实现输电线路走廊占地面积小，减少对土地资源的占用。在电力输送过程中，特高压输电技术能够减少能量损耗，提高输电效率。同时，该技术还具备较远输送距离和较大容量的特点，可以满足长距离、大容量电力输送的需求。但由于特高压电力设备和线路的技术要求较高，其建设和维护成本较高，且需要应对复杂的电力系统稳定性和过电压控制等问题。

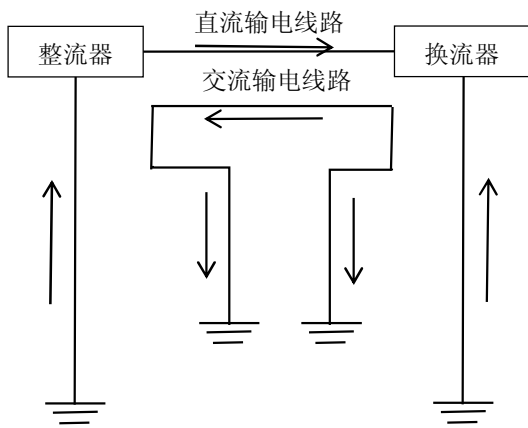


图2 特高压交流输电技术应用示意图

2.3 轻型高压直流输电技术

轻型高压直流输电技术是一种利用脉宽调制技术、电压源型换流器和自关断器件等设备的输电技术。该技术可以有效控制无功和有功功率，并显著提升电能质量，能够解决高压直流输电中存在的谐波污染和电压间断等问题，从而有效提高输电质量和稳定性。同时，轻型高压直流输电技术还适用于远距离输电，并可用于可再生能源的传输过程。

脉宽调制技术（图3所示）是轻型高压直流输电技术的关键技术之一。通过对电流和电压进行脉宽调制，可以实现对无功功率的控制，从而提高电能的传输效率。电压源型换流器是该技术中的核心设备，能够将交流电转换为直流电，并具备自适应控制功能，以满足电网的需求。自关断器件则能够实现电流的快速开关，保护系统的稳定性和安全性。

总体而言，轻型高压直流输电技术的应用，能够有效控制无功和有功功率，提高电能质量，降低能量损耗；

改善谐波污染和电压间断等问题，提高输电质量和稳定性。同时，轻型高压直流输电技术具备适应远距离输电和可再生能源传输的能力。但由于该技术涉及到复杂的设备和控制系统，其建设和维护成本相对较高。

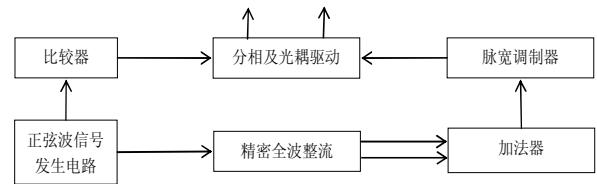


图3 脉宽调制技术示意图

2.4 同步相量测量技术

同步相量测量技术是一种用于对电网系统运行过程进行分析的技术。该技术利用全球定位系统（GPS）提高了测量同步向量的精确度，并能够实时分析和检测相角、频率和幅值等数据，以揭示电网系统的运行轨迹。该技术可以使智能电网各个站点的电压和电流信号保持稳定状态。在智能电网中应用同步相量测量技术，可以实现对电网暂态稳定性的预测，有效评估电网运行状态，分析电网故障，并监测电网静态稳定性。

通过GPS技术的应用，同步相量测量技术能够提供高精度的时间同步，确保测量数据的准确性。同时，该技术可以实时采集电网各个节点的相量数据，包括电压和电流的相位角、频率和幅值等信息，能够为电网运行情况分析，包括电网的稳定性、负荷平衡和故障检测等提供技术支持。

但现阶段，同步相量测量技术的应用仍面临一定问题，如该技术需要高精度的测量设备和复杂的数据处理算法，增加了系统的成本和复杂性。同时，技术的标准化和规范化也需要进一步完善，以确保不同设备和系统之间的互操作性和数据一致性。

2.5 智能感应技术

智能感应技术在智能电网中的应用主要体现在智能变电设备上，通过利用智能化传感器对智能电网进行有效监测。该技术利用物联网技术对输电设备和变电设备的状态进行监测，通过传感器收集相关数据信息。对于输电设备，智能感应技术可以通过在杆塔和输电线路等设备上安装传感器，实时收集设备的运行数据，包括输电线路的温度、湿度、电流、电压等参数，及设备的振动和倾斜等信息。通过收集这些数据，工作人员可以及时了解输电线路的运行状况，进行故障诊断和预警，提高电网的可靠性和安全性。对于变电设备，智能感应技术可以通过传感器收集关于变电设备和环境的参数。例如，在变压器的监测中，可以使用局部放电监测、侵入

波监测、振动波监测和绕组变形监测等技术,实时监测变压器的温度、湿度、局部放电、振动和绕组变形等指标,以识别潜在的故障和异常情况,以提前预防设备故障,减少停电时间,提高供电可靠性。

综合而言,智能感应技术的应用使得智能电网能够实现更精细化的监测和管理。通过传感器收集的数据,可以进行数据分析和智能决策,帮助电网管理者及时发现和解决问题,不仅提高了电网的可靠性和安全性,还提高了电网的运行效率。

2.6 能源转换技术

在智能电网中,输变电技术是能源转换技术的重要组成部分,负责将电能从发电厂输送到用户终端,实现电能的传输和分配。在智能电网中,输变电技术应用了多种能源转换技术,包括以下几点:

第一,变压器技术。变压器是输变电系统中最常见的能源转换设备之一,可以将高电压的电能转换为低电压,或者将低电压的电能转换为高电压,以适应不同电压等级的输电和配电需求。变压器的应用使得电能可以高效、安全地在不同电压等级之间传输。

第二,高压直流输电技术。高压直流输电(HVDC)是一种能源转换技术,通过将交流电转换为直流电再进行传输,实现长距离大容量的电能传输^[7]。HVDC技术具有输电损耗低、输电距离远、可控性强等优点,广泛应用于远距离电能传输和跨国电力互联等领域。

第三,可再生能源转换技术。太阳能和风能等能源需要经过转换才能与传统电网进行连接。例如,太阳能光伏发电系统需要将太阳能转换为直流电,然后通过逆变器将直流电转换为交流电,以实现与智能电网的互联。

第四,储能技术。储能技术是一种能源转换技术,用于将电能转化为其他形式的能量储存起来,以便在需要时释放。智能电网中的储能技术包括电池储能、压缩空气储能、超级电容储能等,能够平衡电网负荷、调节电能供需,提高电网的稳定性和可靠性。

3. 保障智能电网输变电技术应用效果的措施

通过完善监测和预测系统、强化设备维护和管理、提高设备可靠性和安全性、加强培训和技术支持以及加强信息化和智能化建设等措施,可以有效保障智能电网输变电技术的应用效果,提高电网的可靠性和安全性。为保障智能电网输变电技术的应用效果,可以采取以下措施:

第一,完善监测和预测系统。建立完善的监测系统,对输变电设备的运行状态进行实时监测和数据采集。通

过数据分析和预测,及时发现设备故障和异常情况,并进行预警和维护计划制定。

第二,强化设备维护和管理。加强对输变电设备的维护和管理,定期进行设备巡检、保养和检修,确保设备的正常运行和性能稳定。同时,建立设备档案和管理系统,记录设备运行情况、维修记录和维护计划,提供数据支持和参考。

第三,加强信息化和智能化建设。推进智能电网的信息化和智能化建设,采用先进的信息技术和智能设备,提高数据采集、传输和分析的效率和准确性。通过信息化和智能化手段,实现对输变电设备的远程监控、故障诊断和预警,提高设备运行的自动化水平。

第四,加强培训和技术支持。提供相关人员的培训和技术支持,使其具备对输变电技术的理解和操作能力。培训内容可以包括设备操作、维护和故障处理等方面。同时,建立技术支持渠道,提供技术咨询和问题解决的服务,及时解决技术和操作问题。

结语:智能电网中的输变电技术在实现电力系统的智能化和高效化方面起着重要作用。柔性交流输电技术、特高压交流输电技术、轻型高压直流输电技术、同步相量测量技术、智能感应技术和能源转换技术等都是智能电网中输变电技术的典型应用。通过保障设备的维护和管理,提高设备的可靠性和安全性,以及加强技术培训和信息化建设等措施,可以有效保障智能电网输变电技术的应用效果,推动智能电网的发展和应用。

参考文献:

- [1] 颜劲炜. 输变电技术在智能电网运行中的应用[J]. 光源与照明, 2023, (09): 234-236.
- [2] 陈佳浩; 姜宇晴. 对智能电网中智能输变电技术的探究[J]. 电气时代, 2023, (09): 47-49.
- [3] 吴天京; 代攀; 闫晔; 王振刚; 邓剑伟; 谭伟田. 新一代智能输变电技术标准体系研究[J]. 供用电, 2020, 37(03): 16-21.
- [4] 卫成杰; 纪明; 吴佳懿. 输变电技术在智能电网中的应用[J]. 通信电源技术, 2019, 36(12): 133-134.
- [5] 彭葛桦. 输变电技术在智能电网中的应用研究[J]. 信息记录材料, 2019, 20(09): 222-223.
- [6] 陈黎斌. 输变电技术在智能电网中的应用[J]. 科技与创新, 2019, (06): 158-159.
- [7] 朱彦东. 浅析输变电技术在智能电网中的应用[J]. 中国新技术新产品, 2018, (24): 95-96.