

[输变电]

对智能电网中智能输变电技术的探究

文/陈佳浩¹ 姜宇晴²

1. 国网江苏省电力有限公司苏州市吴江区供电分公司; 2. 国网江苏省电力有限公司苏州市供电分公司

近年来,在城市电网改造和智能电网示范建设进程中,智能输变电技术得到了广泛的应用,确保电网安全高效稳定的持续运行,有效提升了社会用电系统的安全水平,显著降低了社会电网结构的技术复杂度。

输变电技术具有长期稳定性、高科技含量和更强的可靠性等突出优势,在智能电网工程创新发展中扮演着重要角色。这项技术显著提升了现有智能电网的工作稳定性和供电安全性,同时降低了智能电网运行的复杂度和紧张程度。输电质量综合优化调度技术、特高压快速输电新技术及绿色能源快速转换技术等多种新兴技术在智能电网中得到了广泛的创新应用,不仅保障了家庭居民用电的高效和正常,还促进了现代社会经济的发展和改善。

输变电技术与智能电网

1. 输变电技术的概念及特征

输变电技术基础设施是指与电网运行密切相关的全部关键电能技术设施系统的统称。在保持特定的一般用电技术状态或在电网整体上保持某种特定状态的前提下,有效保证当前阶段人们的日常生产和生活用电的基本安全需求,维持电网系统正常运行、快速和有效的工作能力,并确保安全可靠地防御突发事件和雷电灾害的发生。输变电技术在社会发展中起到了重要作用,保障了电网资源的合理建设。目前,随着我国经济、科技的迅猛发展和社会的快速变化,输变电技术产业实现了全面、快速、协调和健康的发展,技术装备的科技含量逐渐增加,管理水平和产品技术的可靠性持续进步。

为了保证输变电技术产业正常、高效、可靠、平稳的运行和发展,需要提供更强有力的基础技术条件和保障。输变电技术项目在投入开发研究资金和总投资数量上相对较少,但投入时间较长,因此,对整体技术水平的要求高于对综合应用水平技术含量的要求。综合而言,输变电技术的高技术水平特征与安全可靠性指标对于智能电网工程的应用至关重要。目前,输变电技术的应用范围广泛,且具有巨大的发展潜力,直接推动和影响着全国智能电网项目的整体建设规模和产业快速发展。

2. 智能电网概念及特点

智能电网是指利用新型电力信息化网络、先进电网技术和智能化技术构建现代化大型电网系统。通过对智能电网概念、含义和层次进行简单分析可知,智能电网是一种高度智能化的系统,具备较高的智能化程度。智能电网工程建设通过充分利用各类先进的现代智能化电子与通信传输设备和网络,应对全球社会经济进步趋势的变化和发展。该工程建设以现代化电网系统为主要网络基础,伴随着人类社会和现代网络通信科技的不断变化与更新。通过应用国内外先进的电信技术和网络设备,保证我国现代智能电网系统的高效稳定运行,确保安全可靠。

智能输变电监控系统如图1所示。

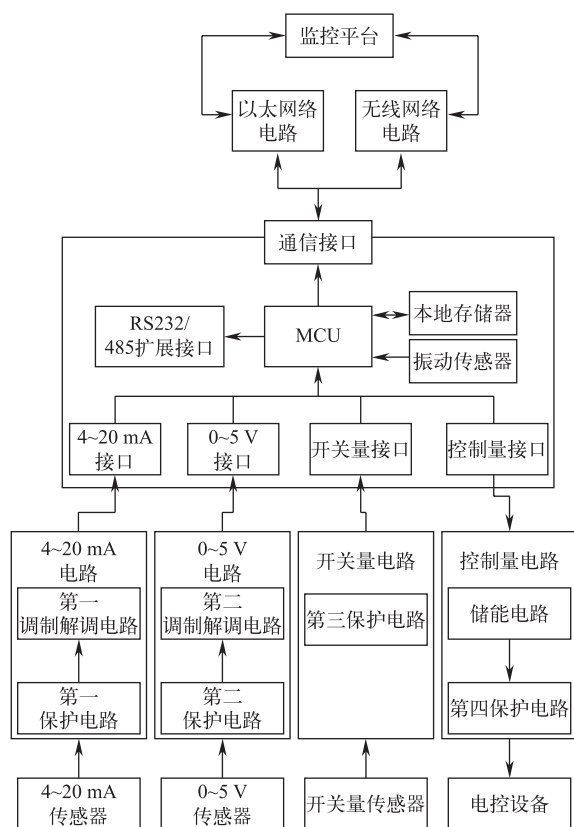


图1 智能输变电监控系统

智能输变电技术的优势

电力行业既是我国社会基础产业，也是国家规划未来重点发展的产业之一。同时，电网工程的建设密切关系着国家中长期能源资源结构和经济发展规划。在我国电力需求不断增长的背景下，我国基础电力工业的现代化建设进入了关键时期。为了适应国家现代化发展的战略部署，需要建立具有中国特色的大规模智能电网。输变电设备维护技术的智能化已经逐渐成为国家电网系统运行和管理不可或缺的核心环节。作为电网企业重要的能源构成要素，智能输变电技术在线路发生电气故障时起着关键作用，及时引入智能输变电技术，不仅能有效避免潜在的电力经济损失，还能减少因电力系统故障造成的社会影响，对保证国家电网线路的正常高效运行至关重要。随着当前社会的发展和科技的进步，电网的负荷需求不断增加。高耗能电力资源的需求大幅增加，电网常面临诸如“功率倒流”和“功率绕送”等问题。传统的高功率输变电设备已无法满足现代高速电力发展的需求，许多大功率电

网线路在输电负荷突然增加时会产生大量功率损耗，降低了电网的供电稳定性。

智能电网系统通过智能化设计及采用先进科学的全自动化系统，实现了对电网的智能控制和运行分析，具有安全可控、灵活快速和可靠性极高等优势，能够真正实现对电能资源利用的调度优化设计、电能配置以及管理的最优化目标。智能输变电技术在安全综合保护方面具备众多优势，引入新型和智能高效的现代输变电控制技术、设备，在高压变电站电网优化设计中可以解决高压电网改造中的各种重大能源问题。这些设备节能高效、环保且灵活可靠，有效应对整个输电及工作流程设计中的挑战。通过运用先进的智能电力设备系统，科学、有效、及时地实现远程控制和发电控制，合理有效调节高压电网能源设备的长期稳定高效运行。

输变电技术在智能电网中的应用

1. 质量优化技术

在城市智能电网工程的初期投资建设管理中，通常通过优化配置技术系统来进行质量评价。该技术系统合理区分电能功率水平，并在开展各种功能的电能评估匹配方面发挥积极的支撑作用。为了确保供电系统的安全和稳定运营，在综合考虑实际建设情况的基础上，采用更科学、合理的配置方法。这种方法既能提高供电线路的质量和性能，也能建设更完善、节能高效的供电线路系统。通过优化配置，确保供电运营工作长期保持协调有序和稳定进行。此外，在智能电网开发建设运行过程中，为保证每种技术都发挥出自身优势，满足企业日常工作的技术需求，有必要从生产技术和经济效益等整体层面对智能电网产品的关键特性进行分析和评价。确保建立合理完整的风险评估机制，优化或改进各种与科技创新相关的制度体系，确保智能电网在研发、建设和运营过程中能保持更加健康、顺畅和稳定的运行。

2. 特高压输电技术

超高压智能输电技术是当前最为重要的应用技术之一，在智能电网与输变电网络技术集成的工程应用推广过程中是不可或缺的。超高压智能输电线路的危险系数通常很高，线路的长度相对较长，因此发生事故的可能性也较大。目前国内特

高压输电技术广泛采用的传输模式主要有两种：一种是三相直流系统；另一种是四线交流电。智能输变电技术在1 000 kV及以上直流供电系统中担负以下工作：

1) 对直流输电线路设备中带电的电力绝缘电阻材料进行保护。目前超高压运行或维护设备中，对带电高压绝缘子材料的检测较为困难。然而，在智能电网技术的支持下，根据故障的不同类型对各种超高压故障进行分类，标记出带电程度，变电站系统更方便地进行升级维修和故障防御。

2) 输变电技术还能有效测试直流高压电网的过电压稳定性。在智能电网系统下，设备信号的波形实时跟踪仿真技术非常灵活有效。系统首先可以快速记忆不同电压时期内的高压电路信号和输出电量，然后根据模拟电路参数模拟出整个降压过程。如果波形曲线和调整波形的振幅都相对稳定，通常意味着高压电流信号没有故障可能。

3) 测试高压波形传输的最佳距离范围和有效传输通量。一般来说，高压线上的电流传输距离已经很长，传统智能变电站技术无法有效整合电网不同技术阶段的协调发展。在智能电网系统中，输变电技术可以远程实时智能控制，将传输电路上的各个流程分成阶段并标识关键节点位置。

此外，该技术进一步整合信息以提高电能传输效率。特高压输电技术目前在智能电网中广泛应用，并取得了较高的成效，持续推广，对我国社会电力行业的健康稳步发展产生了巨大的促进作用。高压输电容量及距离见表1。

表1 高压输电容量及距离

输电电压/kV	输送容量/MW	输送距离/km
110	10~50	50~150
220	100~500	100~300
330	200~800	200~600
500	1 000~1 500	150~850
765	2 000~2 500	500以上

3. 柔性输电技术

柔性电能传输控制技术通常包括交流侧柔性直流传输技术和支路柔性电压传输变换技术。交流侧柔性直流输电的传动控制系统确保有效控制输出电能质量，补偿冗余工作，保障柔性输电项目的稳定可靠运行。主要适用于需要大容量电能和大型容器

的电子设备，需要大功率电能和大容量电力系统。支路柔性电压传输变换技术主要依赖于先进的新型电力电子设备，方便地实时控制交流有功损耗和输入无功功率。在国外一些大规模应用的换流器站设备中，该技术通过五元件循环转换模式保证正常工作，几乎不需要额外的换相电压。

虽然柔性直流输电技术确实有着巨大的经济应用潜力，但目前还没有得到广泛推广和商业化应用，仍然需要进一步改进和发展。

4. 能量转化工艺

在确保智能电网系统可靠运行的基础上，需要重点考虑智能电网环境变化对通信和环境带来的积极影响。然而，在中国的大多数传统智能电网系统设计中，这几个方面很难有效实现。因此，在推进城市智能电网系统工程开发和应用推广时，重视并全面考虑如何解决人类资源和自然环境保护问题。在设计制造智能电网系统时，应用先进可靠的促进传统能源清洁高效循环转换的节能技术，将原来那些生产及使用过程效率低、污染控制能力偏小的传统常规能源，转变为更趋于清洁、环保、高资源再转换利用率及高效安全的清洁新能源，全面提高电网工程用户对全国各类地方电力资源系统设备的综合资源利用率，保证重点城市区域供电服务，保障用户需求。

在智能电网的实际应用中，要求采用多种电网技术相结合的输电方式，显著提升我国智能电网线路的智能化输电性能。不论是应用了特高压变频输电系统技术、柔性输电技术方案，还是应用了其他智能交变电路技术，通常都会直接与其他紧凑型智能交流变输电技术结合，采用其他紧凑型线路，实现共同补偿作用，保证国家智能电网的稳定、安全及可靠运行。

结束语

低压输变电技术和智能电网技术对电力行业整体的创新发展都具有积极且深远的意义。若能将以上两者有机融合，更好地满足现阶段人们对物质生产和生活服务的新需求，同时对电力系统安全、高效、稳定和有序的运行起到重要推动作用。EA

(收稿日期：2023-07-24)