

Research on optimal configuration of smart grid technology in farmland irrigation power supply system

Zheng Liu

Guojigong Construction Group Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030002, China

Abstract

This paper studies the optimization of smart grid technology in agricultural irrigation power supply systems. It proposes that integrating advanced communication, information, control, and power technologies with smart grid technology can achieve intelligent grid management, improve energy efficiency, reduce operating costs, and enhance power supply reliability. By optimizing power source configuration, distribution and control system design, and energy management and conservation measures, irrigation efficiency can be improved, achieving water and energy savings. Case studies show that smart grid technology significantly enhances irrigation efficiency and power supply reliability under different regions and irrigation modes, while reducing energy consumption and costs. Future efforts should focus on improving equipment stability, integrating multiple energy sources, and combining big data and artificial intelligence technologies to promote the integration of smart grids with agricultural IoT. Governments and industries need to strengthen cooperation, improve standards, introduce policies, and facilitate technology promotion to support agricultural modernization.

Keywords

agricultural water conservancy irrigation; Application of smart grid technology; Optimize configuration; Integration of smart grid and agricultural water conservancy IoT; Realize water and energy conservation

智能电网技术在农田灌溉供电系统中的优化配置研究

刘征

国基建设集团有限公司, 中国·山西太原 030002

摘要

本文研究智能电网技术在农田水利灌溉供电系统的优化配置, 提出智能电网技术融合先进通信、信息、控制及电力技术, 实现电网智能化管理, 提升水利能源利用效率, 降低运行成本, 增强供电可靠性。通过优化电源配置、配电与控制系统设计、能源管理与节能措施, 提高灌溉效率, 实现节水节能。多案例分析表明, 智能电网技术在不同地区和灌溉模式下显著提升灌溉效率和供电可靠性, 降低能耗与成本。未来应提升设备稳定性, 融合多种能源形式, 结合大数据与人工智能技术, 推动智能电网与农业水利物联网融合。政府和行业需加强合作, 完善标准, 出台政策, 促进技术推广, 助力农业现代化。

关键词

农田水利灌溉; 智能电网技术应用; 优化配置; 智能电网与农业水利物联网融合; 实现节水节能

1 引言

在能源转型与农业现代化的大背景下, 农田灌溉供电系统的优化成为农业生产的关键。传统灌溉供电系统存在诸多问题, 亟待智能电网技术来解决。智能电网技术, 融合先进通信、信息、控制及电力技术, 实现电网智能化管理, 提升能源利用效率, 降低运行成本, 增强供电可靠性。

将智能电网技术应用于农田灌溉供电系统, 可精准控制灌溉设备, 提高灌溉效率, 实现节水节能, 促进农业绿色发展。这为农业灌溉供电系统的优化提供了新的思路和方法。

【作者简介】刘征(1978-), 男, 中国山西大同人, 本科, 正高级工程师, 从事土木工程研究。

近年来, 全球气候变化和水资源短缺问题日益突出, 农业灌溉面临巨大挑战。据统计, 全球约 50% 的可耕地受干旱和水资源短缺影响, 而农业灌溉用水占全球淡水消耗的 70% 以上。在我国, 农业灌溉用水效率较低, 灌溉水利用系数平均仅为 0.5 左右, 远低于发达国家水平。同时, 我国农田灌溉供电系统存在设备老化、技术落后等问题, 导致灌溉成本高、效益低。

2 智能电网技术概述

智能电网的关键技术包括智能传感器、通信技术、自动化控制技术和能源管理系统。智能传感器实时监测电网运行状态, 为自动化控制和故障诊断提供数据支持。高速可靠通信网络保障设备间信息交互。自动化控制系统实现远程控制与故障自动恢复。能源管理系统实时监测优化调度能源。

智能电网通过在发电端安装智能监测设备,实时掌握发电设备的运行状态和发电功率;在输电和变电环节,利用智能传感器和自动化开关设备,实现对输电线路和变电站的远程监控和故障自动隔离;在配电环节,采用智能配电系统,优化电能分配,提高供电质量和可靠性;在用电环节,通过智能电表和家用能源管理系统,实现用户与电网的双向互动,引导用户合理用电,降低用电成本。

智能电网的通信网络是实现电网智能化的关键支撑。它需要具备高带宽、低延迟、高可靠性和广覆盖的特点,以满足电网中大量设备之间的实时数据传输和控制指令下达的需求。目前,智能电网中常用的通信技术包括光纤通信、无线通信(如GPRS、CDMA、ZigBee、Wi-Fi等)和电力线载波通信等。在农田灌溉供电系统中,可根据现场环境和设备分布情况,选择合适的通信技术,如在灌溉区域较大、设备分布较广的情况下,可采用无线通信技术实现数据传输。

智能电网的自动化控制系统是其核心,能够根据实时监测数据和预设的控制策略,自动对电网设备进行控制和调节。在农田灌溉供电系统中,自动化控制系统可根据土壤湿度、作物需水等信息,自动控制灌溉设备的启停、流量大小等,实现精准灌溉。同时,还可通过自动化控制系统实现对灌溉供电设备的远程监控和故障诊断,提高设备的运行效率和可靠性。

能源管理系统(EMS)是智能电网的重要组成部分,能够对电网中的能源进行实时监测、分析和优化调度。在农田灌溉供电系统中,EMS可实时监测灌溉设备的用电情况、分布式能源的发电功率等信息,根据灌溉需求和能源供应状况,优化灌溉设备的运行时间和功率,实现能源的合理利用和节能减排。

智能电网技术在国内外得到了广泛应用,我国国家电网公司和南方电网公司等企业积极推进智能电网示范工程建设,取得显著成效。然而,智能电网技术在农田灌溉供电系统中的应用还处于起步阶段,相关的研究和实践相对较少。未来,智能电网技术将呈现出能源互联网化、分布式能源大规模接入、大数据与人工智能技术的深度应用等发展趋势,为农田灌溉供电系统的优化提供更广阔的应用前景^[1]。

3 农田灌溉供电系统现状与需求分析

3.1 农田灌溉供电系统的现状

我国农田灌溉供电系统主要依赖市电,部分采用分布式能源发电,但存在供电可靠性低、能耗高、自动化程度低、设备老化等问题。许多农村地区存在电力供应不稳定的情况,尤其是在用电高峰时期和自然灾害发生后,停电现象较为频繁。传统的农田灌溉供电系统普遍采用老式的灌溉设备和电机,这些设备效率低下,能耗较高。大部分农田灌溉系统仍采用人工控制的方式,缺乏自动化和智能化的管理手

段。许多农田灌溉供电系统的设备运行时间已超过10年,设备老化严重,维护成本高,且存在安全隐患。

3.2 农田灌溉供电系统的需求分析

农田灌溉供电系统需要满足以下需求:供电质量需求,灌溉设备需要稳定的电压和频率,以保证其正常运行;供电容量需求,根据灌溉面积和设备功率,合理配置供电容量,满足灌溉需求;自动化控制需求,通过自动化控制系统,实现灌溉设备的远程控制和故障诊断,提高运行效率;节能降耗需求,采用节能设备和技术,降低灌溉供电系统的能耗,减少运行成本;可扩展性需求,随着农业现代化发展,灌溉供电系统需要具备良好的可扩展性,以适应未来的发展需求^[2]。

4 智能电网技术在农田灌溉供电系统中的优化配置方案设计

4.1 优化配置的目标与原则

优化智能电网在农田灌溉供电系统的配置,旨在提升供电可靠性、经济性和环保性。这涉及合理选择和搭配电源,精准设计配电与控制系统,有效管理能源并采取节能措施。在整个过程中,我们坚持四个原则:技术先进性,确保方案具备前瞻性;经济合理性,平衡成本与效益;可操作性,便于实施与维护;可扩展性,适应未来农业发展需求。

4.2 电源优化配置

电源配置要因地制宜。在光照充足的地区,优先选用太阳能光伏发电系统,它无污染且可再生,能有效解决偏远地区的灌溉供电难题。风力资源丰富的地区,则可选择风力发电系统,其运行成本低、维护简便。对于用电需求大的地区,市电与分布式能源协同供电是更优解。比如在华北某灌溉项目中,市电搭配太阳能光伏发电,既保障了电力稳定供应,又降低了灌溉成本。

电源容量配置需依据灌溉设备功率、灌溉周期及气象条件。可借鉴负荷计算法、概率统计法等确定容量。以某滴灌项目为例,根据滴灌设备30kW的功率及每日4小时的灌溉时长,结合当地太阳能资源,选定20kW的光伏发电系统,匹配10kW·h储能设备,满足灌溉用电需求。

在接入方式上,优化电源接入能减少线路损耗。分布式能源发电系统宜就地接入,直接供电,缩短输电距离,降低损耗。如太阳能光伏发电系统经逆变器转换后,直供灌溉设备配电箱,简化了输电环节^[3]。

4.3 配电与控制系统的优化配置

配电网络的优化设计至关重要。依据灌溉区域地形与设备分布,合理布局配电网络,减少线路长度,降低损耗。可选放射式、树干式、环网式结构。平原地区适合放射式,从变电站向四周辐射供电;山区则适用树干式,依山势逐级供电。

升级配电设备也是关键一环。新型节能变压器、智能

开关设备等高效节能设备,能显著提升配电系统效率。某项目更换为新型节能变压器后,空载损耗降低30%,负载损耗降低20%,每年节约电量达1.5万kW·h。

智能控制系统是核心应用之一。它借助传感器网络,实时监测土壤湿度、温度等信息,依据作物需水模型自动控制灌溉设备,实现精准灌溉。同时具备远程监控与故障诊断功能,管理人员能通过手机或电脑实时查看设备状态。某智能灌溉项目安装土壤湿度传感器和智能控制器后,灌溉水利用系数提升20%,灌溉效率提高30%^[4]。

4.4 能源管理与节能措施

能源管理系统(EMS)实时监测灌溉供电系统能源消耗,分析能源利用效率,发现并解决能源浪费问题。某项目通过EMS监测灌溉设备用电数据,优化灌溉策略,降低能源消耗。

选择高效节能设备,如高效离心泵、永磁同步电机等,配合变频调速技术、软启动技术,实现电机节能运行。某项目使用变频调速水泵后,运行功率降低20%,每年节约电量2万kW·h。

探索节能灌溉模式,根据气候、作物需水规律和土壤特性,选择合适灌溉方式。干旱地区宜用滴灌、微喷灌等节水技术,多雨地区则可采用排水灌溉结合模式。

评估能源管理与节能措施效果,以验证节能与经济效益。某项目实施后,灌溉供电系统能耗降低15%,年节电1.8万kW·h,投资回收期仅3年。

智能电网技术在农田灌溉供电系统中的优化配置,能有效解决传统系统问题,具有显著的经济和环境效益,对农业现代化意义重大^[5]。

5 案例分析与效果评估

5.1 案例选择与背景介绍

本文选取了两个具体案例进行分析:河北省石家庄市藁城区某农田灌溉项目(北方案例)、江苏省南京市高淳区某稻田灌溉项目(南方案例),这两个案例分别代表了我国北方平原、南方水田典型的灌溉场景,涵盖了不同的地理环境、气候条件、灌溉需求和电源状况。

5.2 智能电网技术在案例中的应用

在北方案例中,项目采用了市电与小型风力发电机组及储能设备相结合的供电方式,总容量为50kW。通过智能控制系统,实时监测市电和风电的运行状态,确保灌溉设备在市电异常时能够自动切换到风电和储能设备供电。同时,对配电网进行了升级改造,采用新型节能型变压器,减少了线路损耗。安装的智能灌溉控制系统,通过土壤湿度传感器实时监测土壤湿度,根据小麦和玉米不同生长阶段的需水要求,自动控制灌溉时间和水量,实现了精准灌溉和自动化管理。

南方案例则建设了30kW的太阳能光伏发电系统,并

配备了20kW·h的储能设备。在雨季,主要依靠市电供电,光伏发电系统作为备用电源;在旱季,光伏发电系统与市电共同为灌溉设备供电,有效缓解了旱季电力供应紧张的问题。同时,优化了配电网的布局,减少了线路长度和迂回供电,降低了线路损耗。采用智能淹灌控制系统,通过水位传感器实时监测稻田水位,自动控制灌溉和排水,提高了灌溉水的有效利用率。

5.3 效果评估与分析

北方案例的灌溉效率提高了25%,灌溉水的利用系数从0.65提高到0.85。供电可靠性显著提高,因市电故障导致的停灌次数减少了80%。能耗降低了18%,年节约电量约1.2万kW·h,每年可节约电费约1.5万元。

南方案例的灌溉效率提高了22%,灌溉水的有效利用率从65%提高到80%。供电可靠性提高,特别是在旱季电力供应紧张时期,光伏发电系统提供了稳定的电力支持。能耗降低了16%,年节约电量约0.9万kW·h,每年可节约电费约1.1万元。

通过以上案例分析可以看出,智能电网技术在不同地区、不同灌溉模式下的应用均取得了显著的效果,有效提高了灌溉效率和供电可靠性,降低了能耗和灌溉成本,为农田灌溉供电系统的优化提供了有力的支持。

6 结语

智能电网技术在农田灌溉供电系统中的应用,带来了显著的改进效果。多案例分析表明,该技术能有效提升灌溉效率,增加农作物产量,同时增强供电稳定性,减少停电损失。此外,通过优化能源管理,降低了灌溉成本,实现节能降耗。

未来,智能电网技术在农业领域的发展潜力巨大。我们需进一步提升设备的稳定性和适应性,使其能更好地应对复杂多变的自然环境。同时,融合多种能源形式,打造更高效灵活的供电系统。深度结合大数据与人工智能技术,实现更智能的灌溉控制与设备管理。推动智能电网与农业物联网的融合,构建全面的农业智能化管理平台。

参考文献

- [1] 袁丽坚.基于输变电技术的智能变电站状态评估应用研究[D].昆明理工大学,2023.
- [2] 张杨杨.满足山区农业灌溉的风光蓄微电网配置与运行[D].广西大学,2021.
- [3] 余凌,夏凡,方仲超,等.基于深度学习的配电网故障智能辨识模型研究[J].科技创新与应用,2025,15(13):24-28.
- [4] 张旭.面向短时过载及长期轻载的农村配变侧储能配置与调度双层优化方法[D].南昌大学,2024.
- [5] 高乐.用电信息采集系统在智能电网的应用与研究[D].河北工业大学,2017.