

水电站电气工程中自动化技术的运用研究

孙旭东

河北省水务中心石津灌区事务中心土贤庄管理处, 河北 石家庄 050000

[摘要]水电站在发展的过程当中, 电气工程自动化在其中发挥着重要作用, 电气自动化将多种技术进行了融合, 整体的实用性会比较强, 对于整体水电站进行电气工程自动化节能具有重要的推动意义。相关工作在开展的过程当中, 既需要遵循先进性、环保性、安全性、可持续性的原则, 在此基础之上需要对变压器进行合理选择, 减少电能传输过程中的损耗, 对无功补偿设备进行合理设计, 针对电力电缆和低能耗光源进行合理选择, 从而可以加强节能设计的效果。

[关键词]水电站电气工程; 自动化技术; 技术运用

DOI: 10.33142/ec.v7i12.14561

中图分类号: TV734

文献标识码: A

Research on the Application of Automation Technology in Electrical Engineering of Hydropower Stations

SUN Xudong

Hebei Provincial Water Affairs Center Shijin Irrigation District Affairs Center, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In the development process of hydropower stations, electrical engineering automation plays an important role. Electrical automation integrates multiple technologies, and its overall practicality is relatively strong. It has important promoting significance for the overall energy-saving of electrical engineering automation in hydropower stations. In the process of carrying out relevant work, the principles of progressiveness, environmental protection, safety and sustainability should be followed. On this basis, transformers should be reasonably selected to reduce the loss of electric energy in the transmission process, reactive compensation equipment should be reasonably designed, and power cables and low-power light sources should be reasonably selected to enhance the effect of energy-saving design.

Keywords: hydroelectric power station electrical engineering; automation technology; technical application

引言

水电站作为一种清洁且可再生的能源形式, 已在全球范围内得到广泛应用。随着能源需求的不断增长以及环境保护日益成为全球关注的焦点, 水电站的建设与运营面临着更高的技术要求, 尤其是在电气工程领域。水电站的电气系统由发电机组、变电设备、调度系统等多个复杂组件构成, 其稳定运行对于电力供应的保障及发电效率的提升至关重要。传统水电站电气系统多依赖人工操作及基础控制设备, 这种方式在面对复杂的电力负荷调节与设备维护时, 容易产生操作失误或系统故障, 导致一定的风险与局限性。随着自动化技术的迅猛发展, 它为水电站电气工程的现代化提供了强有力的支持。自动化控制系统的引入, 使水电站能够实现设备的实时监控与智能调节, 从而提高系统运行效率, 减少人为错误, 确保电力系统的安全与稳定。此外, 发电负荷的动态优化、设备状态的调整, 得以通过先进的自动化系统实现, 从而降低能源损失, 提升发电经济性。随着智能化及信息化技术的持续融合, 水电站的自动化系统正朝着更高的水平发展, 已集成大数据分析、云计算与人工智能等先进技术, 进一步增强了水电站的智能管理能力与自主运行水平。因此, 对自动化技术在水电站电气工程中的应用进行研究, 不仅有助于推动水电站设

备管理的现代化, 还为清洁能源的发展及能源结构的优化提供了关键技术支持。

1 水电站电气工程自动化技术的应用意义

1.1 提高水电站工作的可靠性

在水电站电气工程中, 自动化技术对提高工作可靠性起着至关重要的作用。水电站的运行状态能够通过自动化系统实时监控与调节, 确保各环节得以高效协同与稳定运作。关键设备, 如发电机组、调速器、变压器等, 借助自动化技术实现远程监控与自动调整, 从而有效避免因人工操作失误或设备故障而造成的停机或损坏。此外, 设备运行状态的持续监测由自动化系统完成, 潜在问题能够自动识别, 并迅速采取修复或调整措施, 极大延长了设备的使用寿命, 同时提升了整体运行效率。

1.2 保障电能的输出质量

在水电站电气工程中, 自动化技术的应用对于确保电能输出质量具有至关重要的作用。随着电力需求的不断增加及电网运行环境的日益复杂, 保持电力系统的稳定性以及提供高质量电能变得愈加重要。通过精准监控与调控水电站各环节的运行状态, 自动化技术能够在水流、负荷、发电机组速度等关键参数发生波动时, 及时调整设备的运行策略, 确保电能输出的稳定性。具体而言, 水轮机的转

速与输出功率可以由自动化系统实时调节,保证发电机的电压与频率等参数始终保持在稳定范围内,避免了电压波动或电网频率不稳定等电力质量问题的出现。此外,借助智能调度与控制,负荷的动态平衡得以实现,确保水电站在不同负荷条件下仍能稳定地提供高质量的电力供应。

1.3 提高发电经济性

自动化技术在水电站电气工程中的应用对提升发电经济性产生了深远的影响。通过优化运营管理,发电效率得以最大化,同时运营成本被有效降低。水轮机组的启停、运行状态及发电负荷得以精准控制,确保水流与发电机组的匹配达到最佳效果,从而避免了设备因过度或低效运行造成的能源浪费。系统通过实时监控与智能调节,依据水源变化、负荷需求及电力市场波动,灵活调整发电计划,实现最优发电状态,减少能源浪费与无效输出^[1]。此外,设备故障率得以降低,通过预测性维护功能,设备使用寿命延长,维修与更换成本减少。与智能电网的集成也使得电力调度与分配效率得到提高,能源传输过程中的损耗得以减少。

2 水电站电气工程中应用的自动化技术

在水电站电气工程中,自动化技术的广泛应用涵盖了多个领域,显著提升了水电站的运行效率与管理水平。通过集成传感器、控制器及执行器,先进的自动化控制系统实现了对各个环节的实时监控与调节。例如,水轮机的转速、负荷调节及涡轮进水量等得以自动控制,使得水流与发电机组之间的匹配更加精确,进而优化了发电效率。设备故障检测与预测性维护中,自动化技术也发挥了重要作用。通过数据采集与智能分析,系统能够实时监控设备的运行状态,潜在故障得以预判,进而安排提前的维修与保养,有效避免了突发故障,减少了停机时间与维修成本。在电力系统中,自动化技术的作用也不可忽视,尤其在电能调度、传输与分配过程中,自动化控制系统能够精准调节电力负荷,优化电网负荷平衡,提升电能传输效率,减少能源损耗。随着智能化技术的不断进步,水电站逐步实现了远程监控与智能管理,操作人员可通过中央控制系统远程监控各个子系统的运行状态,从而减少了人工干预,提高了管理的精确度与灵活性。

3 自动化技术在水电站电气工程中的具体应用

3.1 在涡轮螺旋桨调速中的应用

在水电站电气工程中,涡轮螺旋桨调速的自动化技术发挥着至关重要的作用。作为水电站发电过程中的核心设备,涡轮螺旋桨的转速直接影响着发电效率与电能输出的稳定性。借助自动化调速技术,水流量、负荷需求及其他工况的变化能够实时调整螺旋桨的转速。该调速过程通过先进的控制系统实现,通常由传感器、调速装置、执行器及控制器等组成。涡轮的运行数据,如转速、负荷与水流量,实时由传感器采集,并传输至控制系统。自动调节器

根据实时数据与预设工作参数,自动调整螺旋桨的转速,确保其在最佳工作状态下运行。当水流量较大时,转速会自动降低,以避免过度发电与机械磨损;而当水流量较小时,转速则会自动提高,以确保充足的电力输出。自动化调速技术还能够根据电力负荷的变化,实时调节发电机组的输出功率,从而确保电能输出的质量与稳定性。

3.2 在橡胶坝系统中的应用

在水电站电气工程中,橡胶坝系统的自动化技术在水位调节与水库安全保障方面起着至关重要的作用。橡胶坝,作为一种通过充气或充水调整水位的可调结构,被广泛应用于控制水流、提高蓄水能力及应对不同水文条件下的水位调节。在传统的控制系统中,水坝的充气或排气量由操作人员手动调节。然而,随着自动化技术的进步,现代水电站已采用集成化的自动化控制系统,取代了传统的人工操作。这一系统通过在橡胶坝上安装传感器与监测设备,实时采集水库的水位、流量、坝体压力及环境条件等数据。这些数据迅速被传送至中央控制系统,依据既定的控制策略与实时信息,系统通过执行器自动调节橡胶坝的充气或排气量,从而精准控制水位波动,确保水库安全运行。

3.3 在水电站调速器中的应用

在水电站电气工程中,调速器的自动化技术对于确保水电站稳定运行及电能输出质量具有重要意义。作为水轮机控制系统的关键组件,调速器负责调节水轮机转速,以适应负荷波动并保持发电机组的最佳工作状态。传统调速器多依赖于机械装置及人工调整,然而,随着自动化技术的不断进步,现代水电站的调速器已逐渐实现高度自动化,数字化控制技术与智能算法被采用,以精确控制水轮机转速。自动化调速系统由传感器、执行器、控制器及通信设备组成,实时采集水轮机转速、负荷、流量与水头等数据的任务由传感器承担,这些信息随后被传输至中央控制系统^[2]。基于实时数据和预设控制策略,控制系统自动调整调速器的工作状态,精确调控水轮机转速及输出功率,从而确保发电机组的稳定运行。引入自动化调速器不仅提升了水电站调节的精度,还大幅度提高了系统的响应速度及可靠性。在水库水位变化或负荷波动时,迅速反应并精准调整转速的能力由自动调速器提供,避免了人工干预可能导致的延误或误操作。此外,具备自诊断功能的自动化调速系统能够实时检测设备故障、系统偏差或异常工况,报警系统通过提醒操作人员,便于及时进行维护或调整。

3.4 在水轮机控制系统中的应用

在水电站电气工程中,自动化技术在水轮机控制系统中的应用发挥着至关重要的作用,直接影响着水轮机的运行效率以及电能输出的稳定性。水轮机,作为水电站的核心设备,其运行状态必须通过精确调节转速、扭矩及输出功率来适应负荷变化。传统的水轮机控制,依赖于人工操作及机械调节,不仅效率较低,而且容易出现操作失误。

随着自动化技术的应用,现代水电站的水轮机控制系统已实现高度的自动化与智能化,数字化控制平台通过对各项参数进行实时监控与动态调整,确保了运行的高效与精确。该自动化控制系统的核心组成部分,包括传感器、执行器及控制器,传感器实时采集水轮机的转速、流量、扬程以及水库水位等关键数据,这些数据通过无线或有线网络传输至中央控制系统。在精密算法的支持下,系统依据实时数据与预设的运行策略,对水轮机的转速与负荷进行自动调节,从而确保水轮机始终处于最佳工作状态,发电效率得到提升,电网输出的稳定性也得到保证。负荷波动或外部环境变化,自动化系统能够及时应对,水轮机转速将根据需要实时调整,避免了过载或低效运行的出现,减少了能源浪费。除了这些功能外,自动化技术在水轮机控制系统中还具备自诊断与故障预警功能,系统能够在异常或设备偏差时自动检测并发出警报,操作人员便能及时采取措施,进行故障排除或必要的调整。

3.5 在电气设备中的应用

在水电站电气工程中,自动化技术对电气设备的应用具有举足轻重的作用,尤其在设备监控、控制、保护及故障诊断方面显得尤为重要。电气设备的运行状态,能够通过实时监控精准管理,变压器、发电机、断路器、母线等关键设备得以有效监控。借助智能传感器,电压、电流、频率、温度等重要参数,实时被采集并传输至中央控制系统,从而确保设备运行状态的全面了解。基于这些数据,控制系统可自动调节设备的运行状态,确保其始终处于最佳工作条件下。当异常发生时,问题能够迅速被识别并诊断,依靠自动保护机制,设备将及时停机或隔离,从而防止故障扩展并降低损失^[3]。进一步地,电气设备的维护管理,也得到了优化。集成的监控系统使得水电站工作人员能够远程获取设备的运行数据,进行深入分析与故障预测,进而在设备问题发生之前实施有效的预防性维护。此外,智能故障诊断系统不仅能即时识别故障类型,还能准确定位故障源并提供维修建议,这大大提升了设备维护效率,降低了人为错误的风险。

3.6 在安全管理中的应用

在水电站电气工程中,自动化技术在提升安全管理水平方面发挥着至关重要的作用,系统的安全性与可靠性显著得到了增强。通过智能化的安全监控与管理系统,潜在安全隐患能够实时被识别,设备故障、异常运行及环境变化等问题及时发现。例如,智能传感器与监控系统通过自动化技术,全面监测电气设备、控制系统以及电站周围环境,确保在出现过载、短路、温度过高或设备故障等紧急情况时,保护机制能够自动启动,采取相应措施以防止事故发生。此外,操作人员的安全操作也能实时被跟踪,操作规程的遵守得到确保,从而降低了人为操作失误带来的安全风险。与此同时,自动化系统能够有效整合应急响

应机制,在突发事件发生时,应急预案将迅速执行,确保紧急停机、人员疏散、报警等关键环节得以高效、及时地展开,极大地提高了水电站的应急响应能力。

3.7 在油气水控制系统中的应用

在水电站电气工程中,自动化技术在油气水控制系统中的应用对确保设备稳定运行及延长使用寿命具有至关重要的作用。油气水控制系统的主要功能是调节和管理水轮机及其他电气设备的润滑油、冷却水与气体供应,从而保证设备在高负荷及长时间运行时的稳定性与高效性。自动化控制技术的引入使得水电站能够实现对油气水系统的全面监控与精确调节。该自动化系统通过采用先进的传感器、控制器以及远程监控设备,实时监测油、气、水的流量、压力、温度等关键参数。一旦异常被检测到,如油温过高、油压过低或水流量不稳定,警报会迅速发出,相关设备会通过自动调节进行补充和调整,或启用备用系统进行干预,从而有效防止设备因润滑不足或冷却不当而导致故障或损坏。此外,油气水的使用效率亦能通过自动化技术得到提高,减少不必要的浪费,整体运行成本有效降低。

4 自动化技术在水电站电气工程中的应用趋势

随着科技的快速发展,自动化技术在水电站电气工程中的应用呈现出智能化、集成化与高效化的明显趋势。水电站的管理平台正逐步向一体化目标迈进,自动化技术与信息技术的深度融合使得各子系统之间实现了数据共享与协同工作,从而提升了整体管理效率及响应速度。通过将自动化设备与控制系统进行集成,实时监控运行参数,水电站能够及时识别并处理潜在问题,显著增强了电站的可靠性与安全性。与此同时,自动化与智能化复合技术的创新正在成为电气工程领域的新发展方向。智能传感器、物联网(IoT)、大数据分析及人工智能(AI)等先进技术的应用,使得水电站在设备管理与运营过程中能够进行更加精确的预测与优化,从而提高整体运营效能^[4]。基于大数据分析的故障预测系统,设备潜在故障风险可提前发现,停机时间减少,并能有效避免不必要的维修费用。此外,智能调度系统与自适应控制算法结合实时数据,水源情况与负荷需求能自动调节水轮机的运行状态与发电负荷,从而最大化发电效益并减少能耗。未来,水电站电气工程的自动化技术将在系统集成与智能控制方面进一步深化,推动电站管理模式从传统的人工操作向全面自动化、智能化的现代化管理转型。

5 结语

自动化技术在水电站电气工程中的应用,显著提升了系统的效率与安全性。通过采用先进的自动化控制手段,水电站能够实现更加智能和精确的操作,从而减少人为失误,增强设备的稳定性与经济性。随着技术的持续进步,未来,水电站的运营水平将在自动化的进一步优化下得到

提升,资源利用效率将显著提高,运行成本得以降低,并且电力供应的安全与稳定得到保障。自动化技术的广泛应用,不仅推动了水电站的可持续发展,还将引领能源行业朝着更加高效与绿色的方向迈进。

[参考文献]

- [1]谭承真.水电站电气工程自动化技术及其应用[J].工程技术研究,2024,9(13):81-83.
[2]陈正国,王文.水电站电气工程中自动化技术的运用研

究[J].低碳世界,2023,13(7):67-69.

[3]赵楠.水电站电气工程自动化技术的应用探讨[J].造纸装备及材料,2022,51(5):54-56.

[4]程浩.探讨电气工程自动化技术在水电站的应用[J].内蒙古水利,2018(7):68-69.

作者简介:孙旭东(1997.7—),男,毕业院校:河北农业大学,所学专业:水利水电工程,当前就职单位:河北省水务中心石津灌区事务中心,职称级别:助理工程师。