

A Water Turbine Guide Vane Regulating Device

Yong Wen Yong Wang Xuekai Yuan Liang Zhang Haoxun Zhang

Hubei Qingjiang Hydropower Development Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443000, China

Abstract

The paper introduces the principle and importance of guide vane regulation by studying the guide vane regulation system of hydroelectric power plants. It analyzes the basic principles, influencing factors, and existing problems of the guide vane regulation system, as well as its impact on the efficiency of water turbine generation and the stability of the power system. Corresponding solutions and optimization suggestions are proposed. This study puts forward a new implementation of turbine vane regulating device, the way can greatly reduce the equipment maintenance requirements, improve the environmental protection of equipment, reduce the maintenance cost in the process of equipment, reduce the failure rate, to improve the operation efficiency of hydropower station, reduce energy consumption, guarantee equipment safety is of great significance.

Keywords

hydropower station; generator; turbine generation efficiency; stability of power system

一种水轮机导叶调节装置

文勇 王勇 袁学楷 章亮 张皓询

湖北清江水电开发有限责任公司, 中国·湖北宜昌 443000

摘要

论文通过对水电站发电机导叶调节系统的研究,介绍了导叶调节的原理和重要性,分析了导叶调节系统的基本原理、影响因素和存在的问题以及对水轮机发电效率和电力系统稳定性的影响,并提出了相应的解决方案和优化建议。本研究提出了一种水轮机导叶调节装置的新的实现方式,该方式可以大幅度减少设备的维护需求,提高设备的环保性,降低了设备使用过程中的维护成本,减少了故障率,对于提高水电站运行效率、降低能耗、保障设备安全具有重要意义。

关键词

水电站; 发电机; 水轮机发电效率; 电力系统稳定性

1 引言

水电站发电机导叶调节系统是水电站的重要组成部分,其作用是通过调节导叶开度来控制水流流量,进而调整发电机的输出功率。导叶调节系统的性能直接影响着水电站的运行效率和经济性。然而,在实际运行中,导叶调节系统往往受到多种因素的影响,如设备老化、控制系统故障、传感器故障、线路故障等,这些问题可能导致调节不及时、不准确,进而影响水电站的运行效率。因此,对导叶调节系统的研究具有重要意义。

2 导叶调节系统原理及影响因素

2.1 原理

电站发电机的导叶调节系统,通常运用的是液压调节的原理,通过改变液压油的压力来驱动导叶的开度。这种调节方式能够灵敏地响应水流流量的变化。当水流流量发生波

动时,安装在系统中的传感器能够即时捕捉到这一变化,并将感应到的信号传输至控制系统。控制系统会根据预先设定的调节策略,对液压油的压力进行精确调整,从而驱动导叶的开度进行相应变化。这样的操作循环往复,就能够实现对水流流量的精确控制,以保证发电机的稳定运行。导叶调节系统是一种高效、精准的水流调节方式,能够在第一时间响应并处理水流变化,确保电站发电机的正常工作。

2.2 影响因素

①设备老化: 导叶调节系统中的液压设备、控制系统等部件会随着时间的推移而老化,导致调节性能下降,调节精度降低。

②水力因素: 水流流量、水压、流速等水力因素会对导叶调节系统的调节性能产生影响。例如,水流流量过大或过小都可能导致导叶调节不及时或调节过度。

③环境因素: 温度、湿度、气压等环境因素也会对导叶调节系统的性能产生影响。例如,温度过高或过低都可能导致液压油粘度变化,进而影响调节精度。

④人为因素: 操作人员的技术水平、操作习惯等人为

【作者简介】文勇(1994-),男,中国湖南湘乡人,本科,工程师,从事发电厂电力监控系统研究。

因素也会对导叶调节系统的性能产生影响。例如,操作人员不规范的操作可能导致调节不及时或过度调节。

3 背景介绍及方案设计

3.1 背景

电站发电机导叶调节系统通常采用液压调节方式,通过调节液压油的压力来驱动导叶开度。当水流流量发生变化时,通过传感器感知水流变化,并将信号传递给控制系统,控制系统根据设定的调节策略,调整液压油的压力^[1],进而驱动导叶开度,达到调节水流流量的目的。

在实际运行过程中,导叶所处空间被水完全淹没,导叶调节的液压油的防泄漏成为一个关键问题点,若液压缸破损,会导致导叶调整精度不够,无法对发电机功率进行有效调整。其中,液压油阀体控制需要达到高精度要求,能实现对液压缸的精准控制。调整机构的精度受到机械加工和装配精度的限制,很难达到高精度的调整要求,调整过程中需要承受较大的负荷和摩擦力,长时间的运行会导致导叶和调整机构的磨损加剧。此外,由于温度、振动等因素的影响,调整精度会随时间而产生变化^[2]。

针对这些缺点和难点,研究人员一直在寻求改进措施,如采用电子调整机构、优化设计、提高制造和装配精度、简化系统等方法,以提高发电机导叶调整机构的性能和可靠性。

3.2 方案研究

内啮合齿轮是指一个齿轮嵌入另一个齿轮的内部,通过齿轮间的啮合来传递动力。在传动系统中,可以使用一个外齿轮来带动多个内啮合的小齿轮同时运动,这种运动方式通常称为分度运动。分度运动的原理是通过外齿轮的旋转驱动,将动力传递给内部的小齿轮。外齿轮通常具有较大的齿数,而内部的小齿轮具有较小的齿数。根据齿轮的齿数比,可以实现不同的运动速度和转动方向。在分度运动中,外齿轮和内部小齿轮的齿数比通常是一个整数倍关系。例如,如果外齿轮的齿数是内部小齿轮的齿数的两倍,那么内部小齿轮每转动一周,外齿轮将转动两周。这样就可以实现外齿轮和多个内部小齿轮的同步运动。分度运动在机械领域具有广泛的应用。再如,在时钟制造中,常使用分度运动来驱动不同的指针,使它们按照固定的速度和方向运动。另外,在工业生产中,分度运动也常用于传送带、输送机等设备中,以实现材料的连续运输和分配。总之,通过一个外齿轮带动多个内部小齿轮同步运动的运动方式称为分度运动,它可以实现不同速度和方向的运动,并在机械传动系统中具有广泛应用。

在导叶旋转轴端安装小齿轮,这种设计在机械工程中非常常见,小齿轮通常用于传递扭矩和旋转运动。在圆周分布的小齿轮外圈啮合一个大的内齿圈,这是一种常见的齿轮传动方式,通过改变大小齿轮的传动比,可以实现外部齿轮圈的精确旋转。液压机构是机械工程中常用的动力源,它可

以提供大功率、高效率的动力,推动外部齿轮圈发生旋转。当外部齿轮带动内部多个齿轮发生同步旋转时,这可以替代原来的连杆机构,有效减少了由于连杆磨损和故障导致的效率下降和成本增加。这种设计在许多工业应用中都非常有效,包括但不限于机械手臂、自动化生产线、机器人等。此外,这种设计还有许多潜在的优势,如可以降低工作噪音、提高工作精度、减少对环境的影响等。

将电动机构作为替代液压导叶调速器的方案可以在水电站中实现自动化和精确控制。①替换液压系统:将原有的液压机构替换为电动机构,选用适当的电动机和驱动系统,可以是直流电机或交流电机,根据实际需要选择适当的功率和转速范围。②安装电动机:在导叶旋转轴端安装电动机,并与导叶轴相连。电动机可以直接驱动导叶进行开合,实现调节水流的控制。③配置传感器和控制系统:安装传感器来监控水流情况或其他相关参数,如流速、水压等。另外,通过控制系统使用这些传感器的反馈信息,精确调节电动机的转速和运动方向,以实现精确的水流控制。④系统优化和控制:借助先进的控制算法和数据处理技术,可以对电动机的控制进行优化和自动化。例如,使用PID控制器或模糊控制器来实现闭环控制,根据实时的传感器反馈信号自动调整电动机的运行状态,以实现精确的水流调节。⑤可远程监控和远程控制:将系统与水电站的远程监控系统集成,可以实现远程监控和远程控制。只有这样,操作人员可以通过远程终端实时监控水流控制情况,并可以对电动机的运行状态进行远程控制和调整。

通过这种用电动机构替代水电站液压导叶调速器的思路,可以实现更可靠、精确和自动化的水流调节,减少机械部件的磨损和故障率,提高水电站的运行效率和可靠性。

加强设备维护:定期对导叶调节系统进行维护和检修,及时更换老化部件,确保设备的正常运行。优化控制系统:根据实际情况优化控制系统,提高调节精度和响应速度。例如,可以采用先进的控制算法和传感器技术,提高系统的自适应能力。加强人员培训:对操作人员进行技术培训和安全教育,提高操作人员的技能水平和安全意识,确保操作规范。采用智能化技术:通过引入物联网、人工智能等先进技术,实现对导叶调节系统的远程监控和智能控制,提高水电站的运行效率和安全性。

4 相关意义

发电机组导叶通过齿轮控制,通过控制导叶的开合程度,可以调整发电机组的负载,从而实现对发电机组输出功率的调节。例如,在低负载情况下,可以关闭一部分导叶,降低发电机组的输出功率;在高负载情况下,可以打开全部导叶,提高发电机组的输出功率。这种调节方式可以更加灵活地满足实际用电需求,提高发电机组的工作效率;提高发电机组的响应速度,通过齿轮控制导叶的开关,可以实现对发电机组输出功率的快速调节^[3]。当负荷发生突变时,可以

通过调整导叶的开合程度，迅速响应负荷的变化，从而保证电力系统的稳定运行。这种快速响应能力对于应对电力系统瞬态过载等特殊情况非常重要；减少了原先连杆机构之间的结构间隙，极大地减少了控制的误差，大幅度降低了维护的成本。

传统液压式导叶调整，通过液压系统控制导叶的开合，存在一些问题，而电动结构导叶调整则可以解决这些问题，同时成本降低，液压式导叶需要额外的液压系统和相关设备，包括液压站、液压缸和管路等，造成了较高的设备成本和维护成本^[4]。而电动结构导叶不需要液压系统，减少了这些额外成本，降低了水电站的运行维护费用；故障率降低，液压系统容易受到泄漏、堵塞、密封件老化等问题的影响，导致系统故障率增加。而电动结构导叶不需液压系统，减少了这些故障的发生概率，提高了水电站发电机的可靠性和稳定性；响应速度提高，液压系统具有较慢的响应速度，在负载变化或系统故障发生时，调整导叶的效率低，无法迅速适应系统的要求。电动结构导叶可以通过电机和齿轮传动直接控制导叶的开闭，响应速度更快，能更加快速、精确地调整导叶位置，保证发电机的稳定运行；能源利用率提高，电动结构导叶可以实现更加精确的导叶调整，在不同负载和水位条件下，可以更好地调整导叶开合程度，达到最佳的水轮机效率和能源利用率。通过优化导叶位置，可以减少流过轮叶的能量损失，提高水电站的发电效率，降低对水资源的浪费；自动化控制能力增强，电动结构导叶可以与自动化控制系统相连，实现远程控制和监测。通过与发电机组的调度系统配合，可以自动调整导叶的开闭，根据电网需求和水情变化进行调度，提高水电站的运行效率和响应能力。

综上所述，将液压式导叶调整替代为电动结构导叶调整，在水电站发电机中具有显著的意义和好处。它能够降低成本和故障发生率，提高响应速度、能源利用效率和自动化控制能力，从而提高水电站发电机的可靠性、效率和经济性。

5 结论与建议

论文以水电站发电机导叶调速器为研究对象，考虑将原有的液压式导叶调速器改为电动控制，并采用齿轮传动的

方式实现导叶调速。

通过分析，我们发现这种改进方案有以下优势：其一，电动控制系统可以实现对机组运行的更加精确控制。与传统的液压系统相比，使用电机控制可以实现更加准确、可靠地调节机组转速和导叶角度，有效提高了发电机组的响应速度和精确度。其二，采用齿轮传动的方式实现导叶调速，可以避免液压系统定期更换油液带来的维护和管理难度，减少了故障率，降低了液压油泄漏造成的环境污染风险。齿轮传动也有更高的传动效率和更稳定的传动性能，此也有助于提高机组的运行效率和可靠性。

但是，我们也发现该改进方案还存在一些局限性和不足：其一，由于电机控制系统的集成度高，更换时需要较高的技术水平，而且也需要进行大规模的设备升级改造，这可能会对项目的实施和投入造成一定的影响。其二，齿轮传动方式虽然可以避免液压系统带来的维护难度，但其本身也需要定期进行检修和维护。另外，电动控制这套设备对防水要求相对提高，但是结合设备本身，可以采用水电隔离的方式进行布局。

总体来看，本研究对中国水电站行业具有一定的技术推动作用，在提高机组运行效率、可靠性和安全性等方面具有一定的实用价值。未来的研究可以在研发更加智能化、自动化的调速装置方面继续探索。对于政策制定者而言，也应该采取措施鼓励和支持水电站的技术创新和研究。

参考文献

- [1] 陈启明,章旭伟,蓝晓溪,等.带调压阀控制的水轮机调速器的安全设计[C]//中国水利学会2011学术年会第二届中国小水电论坛论文集,2011.
- [2] 邓磊,周喜军,张文辉.用于稳定计算的水轮机调速系统原动机模型[J].电力系统自动化,2009,33(5):103-107.
- [3] 崔建昆,秦山,闻斌.直线共轭内啮合齿轮副啮合特性分析[J].机械传动,2004(6):4.
- [4] 张学伟,邓成洪.黄龙滩电厂4号水轮机导叶控制环液压锁定缺陷分析及处理[J].小水电,2017(6):17.