

水电站监控系统的容错设计与性能优化

王永林

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂, 甘肃 陇南 746412

[摘要]随着水电站规模变得越来越大,其自动化水平也在不断提高,在这样的情况之下,监控系统于电站运行当中发挥着极为关键的作用。当下,水电站监控系统已然达成了对机组运行状况、设备所处状态以及安全指标的实时监控目的,然而依旧存在着诸如系统可靠性有所欠缺、故障恢复能力较为有限以及数据处理以及通信效率不高等一系列的问题。在出现极端工况或者发生突发事件的时候,该系统极容易出现延迟或者中断的现象,进而对电站的安全稳定运行产生了影响。所以,提高监控系统的容错能力以及运行性能便成为了当下的重要研究方向。

[关键词]水电站监控系统;容错设计;性能优化

DOI: 10.33142/hst.v8i9.17691

中图分类号: TP302

文献标识码: A

Fault Tolerant Design and Performance Optimization of Hydropower Station Monitoring System

WANG Yonglin

Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: With the increasing scale of hydropower stations and the continuous improvement of their automation level, the monitoring system plays a crucial role in the operation of the power station. At present, the monitoring system of hydropower stations has achieved the goal of real-time monitoring of unit operation status, equipment status, and safety indicators. However, there are still a series of problems such as insufficient system reliability, limited fault recovery capabilities, and low data processing and communication efficiency. When extreme working conditions or emergencies occur, the system is prone to delays or interruptions, which can have an impact on the safe and stable operation of the power station. Therefore, improving the fault tolerance and operational performance of monitoring systems has become an important research direction at present.

Keywords: hydroelectric power station monitoring system; fault-tolerant design; performance optimization

引言

随着我国水电资源开发和利用程度的不断提升,水电站在能源结构当中所占据的地位变得日益重要起来,其能够安全、稳定且高效地运行,这对于保障电力的正常供应、推动区域经济向前发展以及开展生态环境保护等工作都有着极为重要的意义。水电站监控系统属于电站运行管理方面的重要核心信息平台,它肩负着像机组运行监测、设备状态管理、数据采集与分析、故障报警以及远程控制等一系列关键任务,而它的运行可靠性以及性能状况会直接对电站的整体安全与效率产生影响。不过,水电站所处的运行环境是比较复杂的,其中设备分布得较为广泛,数据量也很大,而且对于实时性的要求还非常高,与此它还可能面临着诸如硬件故障、软件异常、通信中断以及外部干扰等多种不同类型的潜在风险,这就导致监控系统在长时间的运行过程当中是比较容易出现故障情况甚至是发生瘫痪状况的,进而对电站的安全构成了威胁。所以,针对水电站监控系统开展容错设计以及性能优化方面的相关工作,便成为了确保该系统能够具备高可靠性以及高效性的重要举措。本文将会围绕水电站监控系统的容错设计方法来展开探讨,这其中就包含了硬件冗余、软件冗余、数据传输与通信容错机制还有系统状态监测与自愈机制等

方面的内容,与此同时还会去分析系统性能优化的相关策略,像是对响应速度加以优化、提升数据处理与存储的效率、优化网络通信以及对系统资源调度与负载均衡展开相关操作等等,并且还会去探讨容错设计给系统性能所带来的影响。

1 水电站常规化的电力监控系统

水电站是关乎国计民生的行业,国家在其信息化方面的投入是持续性,现如今电力信息化已成效显著,渗透到了电力生产的每个环节。当前,水电站较为普及的电力监控系统主要有:电能计量系统、计算机监控系统、自动抄表系统、设备状态监测系统、故障录波系统、消防报警系统、图像监控系统等。在近些年水电站的筹建与改造升级中,这些系统基本上都是其标准配置,做到了设备运行、过程控制、信息处理、信息管理、决策建议五大方面的全覆盖,实现了水电站自动化与可靠而安全运行水准的全面提升。但现实情况是,电力信息化建设一直处于飞速发展阶段,水电站现有的电力监控系统信息化技术也不能故步自封,需要不断更新升级。

2 水电站监控系统容错设计方法

2.1 硬件冗余设计

硬件冗余设计在水电站监控系统容错设计里属于重

要环节,借助增添关键硬件设备的备份或者冗余单元,达成系统在部分设备出现故障之际仍然可正常运作的目标,进而提升系统的可靠性与稳定性,在水电站监控系统当中,像核心控制单元、数据采集模块、通信接口还有关键传感器这类硬件设备要是发生故障,那么就有可能致使监控数据丢失、系统响应中断,甚至对水电站的安全运行产生影响,所以运用硬件冗余设计能够有效规避单点故障所引发的风险,其具体实现的方式包含主备冗余、双机热备、N+1 备份等多种模式,凭借实时切换或者自动切换机制来保障当主设备失效的时候备用设备可以即刻接管系统功能,以此确保监控系统的连续性以及可靠性,并且硬件冗余设计还得要和系统状态监测以及报警机制相结合,针对设备的运行状况展开实时检测,要是察觉到异常就马上触发切换或者报警,防止故障进一步扩大化。

2.2 软件冗余与故障检测技术

软件冗余以及故障检测技术在水电站监控系统的容错设计里属于极为关键的部分。其借助在软件层面引入备份程序、冗余算法还有多重校验机制,达成在软件出现故障或者存在异常状况下,系统仍能够持续运转并且可快速恢复的目标。在水电站监控系统当中,控制逻辑、数据处理以及报警管理等诸多核心功能对软件的稳定性有着极高的依赖程度。要是软件出现了错误或者是异常情况,那么就有可能致使数据出现异常、操作产生延迟甚至是系统陷入瘫痪的状态。所以运用软件冗余技术,像是多版本编程、任务冗余又或者是运行时检查等方式,能够有效地防止因单一软件故障而引发系统失效的情况发生^[1]。与此与故障检测技术相互结合,依靠实时监控程序的状态、数据的完整性以及逻辑执行的具体情况,及时察觉到潜在的错误,并且触发纠正机制或者切换至冗余模块,进而确保系统的可靠性以及安全性。

2.3 数据传输与通信容错机制

数据传输以及通信容错机制在水电站监控系统的容错设计方面占据着极为关键的地位。其最为重要的目标在于,于复杂多变的运行环境当中,切实保障监控数据能够实现可靠且有效的传输,同时也促使系统指令可以做到及时的响应。水电站监控系统往往要依靠远程数据采集环节、控制命令下发环节还有设备状态反馈环节等一系列的通信环节。要是这些通信链路出现诸如故障、数据丢失或者延迟之类的情况,那么将会对系统的实时性以及可靠性产生直接的影响。所以在开展设计工作的过程当中,得运用多种多样的容错技术,以此来确保数据传输具备连续性以及准确性。具体而言,这些技术包含冗余通信线路方面的设计、双网或者多网并行传输的方式、针对数据包所实施的校验与重传机制,还有关键节点所具备的自动切换功能等等。与此借助对通信协议加以优化以及开展实时监测等相关举措,便能够对数据丢包、信号受到干扰以及链路出

现异常等问题进行及时的检测与妥善的处理,进而保证系统即便处在异常状况之下,依旧能够维持稳定的运行状态。

2.4 系统状态监测与自愈机制

系统状态监测以及自愈机制,在水电站监控系统的容错设计里,属于极为关键的部分。它的主要目标在于借助实时对系统运行状态加以监控的方式,做到及时将潜在故障给找出来,并且能够自动去采取相应的纠正举措,以此来确保系统的连续性以及可靠性都能够得到保障。在水电站监控系统当中,控制设备、数据采集模块、通信链路还有软件程序等诸多环节,都有可能出现各种各样的异常情况。要是没能及时察觉到这些异常并妥善处理好,那么就极有可能会造成监控数据出现丢失的现象、控制产生延迟的情况,甚至是致使整个系统陷入瘫痪的严重后果。系统状态监测会通过运用传感器、日志记录、性能指标监控以及异常检测算法等多种手段,针对各类硬件以及软件的状态展开全方位的跟踪,如此一来便可以及时把设备故障、通信异常或者软件错误等情况给识别出来^[2]。而自愈机制则是依据监测所得到的结果,自动去执行诸如冗余切换、任务重启、参数恢复亦或是故障隔离等一系列的操作,进而促使系统在处于异常状态之时,能够快速恢复到正常的运行状态,由此便能够有效减少人为的干预以及系统的停机时间。

3 水电站监控系统性能优化策略

3.1 系统响应速度优化

系统响应速度的优化属于提升水电站监控系统整体性能以及运行效率极为关键的一个环节,其最为关键的目标在于要将从数据采集一直到指令执行期间所存在的时间延迟予以缩短,进而保证系统能够在最短的时间范围内针对电站运行状态的变化给出准确的响应。在水电站监控系统里面,像数据采集、信号传输、数据处理还有控制指令下发等诸多环节都有可能对系统的响应速度产生影响,而任何一个环节出现延迟的情况都会使得系统对于异常情况的处理能力有所降低,最终对电站的安全状况以及运行效率都造成影响。为了实现响应速度的优化,就需要从硬件、软件以及通信等多个层面去采取一系列综合性的措施,具体而言,像是采用性能更为出色的数

3.2 数据处理与存储效率优化

数据处理与存储效率的优化属于提升水电站监控系统整体性能以及可靠性的关键环节,其核心目的在于保证大量监控数据可以实现高效且精准的处理与存储,进而支撑系统的实时监控以及科学决策。在水电站监控系统里,传感器以及监控设备会生成海量的运行数据,像流量、水位、机组状态、设备报警信息等等,这些数据得经过快速采集、处理与存储,方便实时分析与历史追踪。要优化数据处理效率,就要采用高性能的数据处理单元、并行计算以及流式数据处理技术,加快数据的解析与运算速度,并

且借助优化数据库结构、采用分布式存储、数据压缩与索引技术,提升数据存储的访问效率与检索速度。在此基础上,还得构建数据缓存机制与动态负载调度策略,确保在高峰数据流量的时候系统仍可维持稳定运行,防止因处理延迟致使监控滞后或者信息丢失。

3.3 网络通信性能优化

网络通信性能的优化在提升水电站监控系统整体效率与可靠性方面属于极为重要的一环,其关键目标在于要保证监控数据以及控制指令可在系统各个模块之间实现快速、稳定且准确的传输,以此来确保系统的实时性与可靠性。水电站监控系统一般会涉及到数量众多的分布式设备,像传感器、控制终端、数据采集模块还有远程监控中心等,这些设备彼此间依靠网络来完成数据交换以及指令传输的任务。要是网络通信出现延迟、丢包或者带宽不够等情况,那么就会对系统的响应速度以及运行安全产生直接影响^[3]。为了让网络通信性能得以优化,就需要运用高效的通信协议、合理的网络拓扑结构以及优先级调度机制,以此来保障关键数据传输具备优先性以及实时性;与此借助冗余链路的设计以及自动切换机制,可提升通信的可靠性以及抗干扰的能力;除此之外,还需结合数据压缩技术以及流量控制策略,降低网络负载,缩减延迟时间,提高传输效率。

3.4 系统资源调度与负载均衡策略

系统资源调度及负载均衡策略乃是水电站监控系统性能得以优化的关键手段,其最为关键的目标在于借助对计算、存储以及网络等一系列系统资源予以合理的分配,以此来保障系统能够在处于高负荷或者出现突发状况的情形下依旧能够稳定且高效地开展运行。在水电站监控系统当中,像数据采集、实时计算、指令下发还有历史数据存储等诸多任务往往是同时并行开展的,倘若资源调度不够合理,那么便很容易引发处理出现延迟、数据产生拥堵乃至系统出现瘫痪等一系列情况,进而对监控所具备的实时性以及可靠性均会造成影响。要对资源利用加以优化,就需要采用动态任务调度策略,依据任务所具有的优先级、资源方面的需求以及运行的具体状态,去合理地对CPU、内存、网络带宽等这些关键资源进行分配;与此借助负载均衡技术,把计算以及存储任务分散到不同的服务器或者节点之上,防止出现单点过载的情况,以此提升系统整体的处理能力;除此之外,还可以联合虚拟化技术以及云端资源进行扩展,达成弹性资源调配的效果,从而更好地应对因监控数据量大幅增加或者突发事件而带来的高负荷压力状况。

3.5 容错设计对系统性能的影响分析

容错设计对于水电站监控系统性能所产生的影响,属于系统整体优化进程里务必要着重剖析的内容。其关键点就在于要对系统可靠性跟运行效率二者间的关系予以平

衡。容错设计借助引入硬件冗余、软件冗余、通信冗余还有自愈机制等手段,当系统部分组件发生故障之际,能够维持持续运转的状态,这可大幅提升系统的可靠性以及稳定性^[4]。不过,冗余设计往往会让系统资源的占用有所增加,像计算处理能力、存储空间以及网络带宽等方面都可能出现这种情况,并且还可能会引入额外的数据同步以及切换延迟,进而给系统响应速度以及数据处理效率带来一定程度的影响。所以,在开展容错设计相关工作的时候,得全面考量系统的实时性方面的需求、数据处理所面临的负荷情况以及硬件资源存在的限制等因素,选用合理的冗余级别并且采取有效的优化策略,从而在确保达到高可靠性这个前提之下,把对性能造成的负面影响尽可能地减到最小程度。举例来讲,可以通过设置智能切换机制以及实施动态冗余调整的方式,达成故障保护和性能优化两者间的平衡;与此借助优化算法、压缩数据传输以及任务优先级调度等举措,能够降低冗余所引入的延迟,提升系统响应速度以及处理效率。

4 结语

水电站监控系统对于电站安全且高效地运行而言,称得上是极为重要的一项保障,所以其容错设计以及性能优化便显得意义非凡。借助合理的硬件以及软件方面的冗余设置、通信容错的相关机制,再加上系统的自愈功能,能够在很大程度上提升该系统的可靠性与稳定性。与此通过对响应速度加以优化、提升数据处理与存储的效率、改善网络通信状况以及合理调度资源,可促使系统在处于高负荷状态以及面对复杂工况时依旧能实现高效运行。科学合理的容错设计以及针对系统性能所开展的优化举措,一方面能够确保水电站监控系统在出现异常情况的时候仍可持续运行下去,另一方面也为电站的安全管理以及高效调度给予了强有力的支撑,进而为未来水电站监控系统朝着智能化、可靠化的方向发展打下了相应的基础。

【参考文献】

- [1]王甫志,贺玉彬,陶春华,等.水电站入侵监控视频数据扩容存储系统设计[J].电子设计工程,2024,32(14):143-148.
- [2]邓年发.水电站闸门自动监控系统集成与容错技术研究[J].河南科技,2013(4):100-119.
- [3]钟伟.水电站闸门自动监控系统集成与容错技术研究[J].河北水利,2007(10):25-26.
- [4]唐杰阳,唐凡,杨东,等.水电站计算机监控系统综合智能告警研究[J].中国水利水电科学研究院学报(中英文),2022,20(4):377-385.

作者简介:王永林(1991.10—),男,毕业院校:兰州理工大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂,职务:技术员,职称级别:助理工程师。