

梯级水电站智能调度控制系统分析

The Analysis for Intelligent Scheduling Control System in Cascade Hydroelectric Station

南京南瑞集团公司 阎应飞 贾小飞 贺洁

Yan Yingfei Jia Xiaofei He Jie

摘要: 阐述了智能调度系统的组成, 分析了各子系统的功能及分类, 介绍了各子系统的内部结构、数据流程及算法, 基于国内智能电网和智能水电厂建设的要求, 指出了未来几年内中国梯级水电站的发展趋势和方向。

关键词: 梯级水电站 智能调度控制系统

Abstract: This paper expounds structure of Intelligent scheduling system, analyzing the function and classification of subsystem, introducing internal structure, data flow and algorithm. Based on requirement of building Smart grid and intelligent hydraulic power plant, the main trends and directions of China Cascade hydroelectric station are proposed.

Key words: Cascade hydroelectric station Intelligent scheduling control system

【中图分类号】TP29

【文献标识码】B

文章编号: 1606-5123(2010)11-0063-03

1 引言

智能调度控制系统是根据智能电网和智能水电厂的发展要求, 跨越电力系统二次安全防护I、II区, 以统一平台为基础, 有机融合水调自动化系统和电调自动化系统, 集实时监视与安全控制、经济运行与优化调度、运行维护与决策管理的综合应用系统。系统由来水预报、梯级优化调度、防汛决策支

持、效益考核及风险分析、经济调度控制、实时监控六大子系统组成, 为水电站经济安全运行和优化调度提供决策支持以及控制手段, 具有信息化、自动化、互动化的特征, 是智能电网的有益补充。本文着重从经济调度控制和实时监控系统来介绍。

智能调度控制系统结构, 如图1所示。

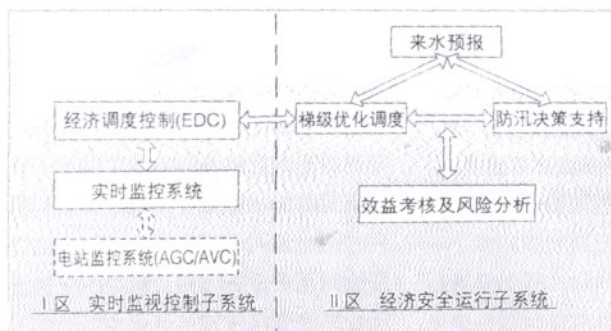


图1 智能调度控制系统结构

2 经济安全运行子系统

经济安全运行子系统位于安全分区的生产控制II区, 依靠先进的采集和传输技术, 及时准确地获取电站流域和其他相关系统的水文、气象和水库运行信息, 基于水库优化调度的新理论和新技术, 依据相关数学模型和大型数据库进行计算和处理, 实现数据监视、在线洪水预报、水务综合管

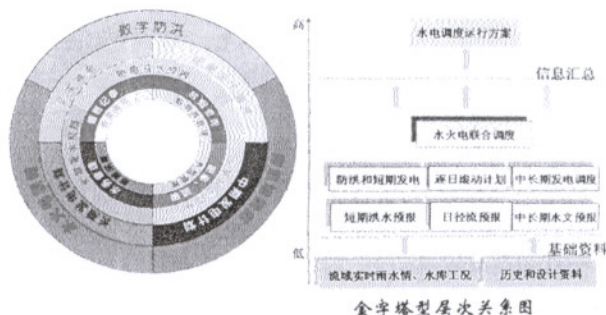


图2 经济安全运行子系统层次关系

理等功能,并迅速提供包括防洪和发电在内的电站综合调度决策方案、梯级水库联合防洪调度方案等,同时支持水电厂和电网的经济调度。主要包括:来水预报系统、发电调度系统、防汛决策支持系统、效益考核及风险分析系统。经济安全运行子系统层次关系如图2所示。

3 实时监视控制子系统

实时监视控制子系统位于安全分区的生产控制I区,接受上级电网调度机构的调度命令和要求,向下级各电厂计算机监控系统发送远程监视和控制指令,并且通过电厂站控系统或直接作用到各现地控制单元,实现遥控、遥调、遥测、遥信及梯级经济运行和优化调度、管理功能,实时、准确、可靠及有效地完成对各电厂所有被控对象的安全监视和控制,同时与生产控制II区的经济安全运行子系统实现联合控制,形成“调控一体化”模式。主要包括实时监控系统、经济调度控制。系统结构如图3所示。

实时监控系统以统一信息平台为基础;集实时监视与安全控制、经济运行与调度控制、系统集成与信息共享的综合应用系统,与水库调度决策支持系统、防汛决策支持系统、梯级电站经济运行调度系统紧密连接,无缝集成各类智能系统,实现各种智能化的高级应用功能。具有实时数据采集和处理,综合数据计算、控制与调节、安全运行监视和事故追忆等基本功能。

4 经济调度控制系统(EDC)

4.1 经济调度控制系统定义

经济调度控制EDC具有实现梯级发电优化控制的功能,在满足电力系统正常调度要求前提下,根据水库调度系统的中长期优化调度结果,考虑电力系统负荷平衡、频率控制要求、各水电站机组特性等众多安全和工程因素,制定

各电站所有机组的启停计划、并实时自动调整各电站、各机组的出力,使梯级发电总功率在各梯级电站间按安全、可靠、最优、经济的原则进行分配。其目标是在保证发电满足给定总功率及其它限制的条件下,使梯级发电耗水量或弃水量最少。

4.2 经济调度控制系统要求

经济调度控制EDC负责梯级总负荷在各级水电站间的最优分配,主要考虑最优蓄放水次序、线路潮流约束、调度给定负荷的较小变动有可能导致机组的频繁启停、站间负荷分配时有可能造成负荷大规模转移、站间联合躲避机组振动区、站间负荷分配时应考虑机组开机时间等因素,在进行梯级EDC负荷优化分配时,将各梯级电站等效为一台等值机组进行计算;而AGC负责电厂总负荷在投入AGC的所有机组间的最优分配,主要考虑机组躲避振动区、最短开停机时间、机组启停顺序等因素。经济调度控制系统模型如图4所示。

5 优化算法

5.1 优化准则

梯级水电站群优化调度控制并不

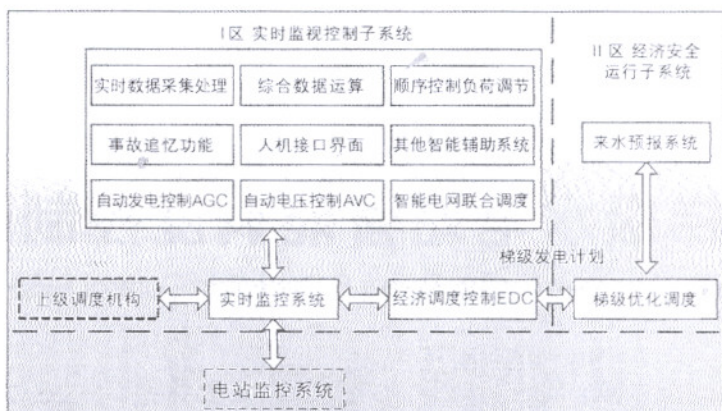


图3 经济调度控制系统结构

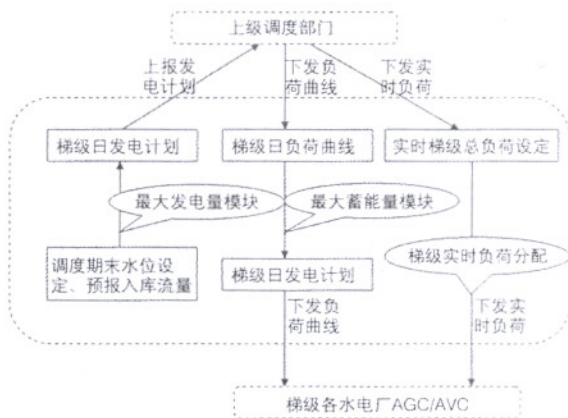


图4 经济调度控制系统模型

仅仅是简单意义上的负荷优化分配问题,而是由梯级发电计划优化制定、站间及站内负荷优化分配、梯级电站水位动态控制等一系列的优化调度决策共同组成的。多样的决策和控制目标决定了梯级水电站群优化调度控制存在多个优化准则。在不同的调度任务中,运行人员可决定由人工选择或由系统自动选择相应的优化准则。

梯级水电站群优化调度控制中主要采用三个优化准则:最大发电量准则、最大蓄能量准则及最小库水位超限程度准则。在系统的研制过程中,需要对不同优化准则的适用情况、调度模型及优化算法作详细的分析和研究,这一步对于梯级水电站群优化调度控制至关重要,研究结果的正确性和合理性直接决定了优化调度控制的实用价值及优化水平。

5.2 优化算法

目前梯级电站经济调度控制常用的优化算法主要包括等微增率算法、动态规划算法、逐步优化算法、基因遗传算法,以及基于这些基本算法的一系列改进算法。

(1)等微增率算法引入了数学中“微分”的思想,通过研究各台机组的耗水量微增率曲线来进行有功负荷实时优化分配。该方法仅适用于机组台数不多且性能曲线较简单的单个水电站的厂内经济运行计算。当机组台数较多、性能曲线较复杂或者需要进行一段时期内的经济调度计算,宜采用其它优化算法。

(2)动态规划简称DP(Dynamic Programming),是解决多阶段决策过程最优化的一种数学方法,由美国数学家贝尔曼(R.Bellman)等人创建。动态规划主要涉及阶段和阶段变量、状态和状态变量、决策变量和决策序列、状态转移方程、阶段效应和目标函数等概念,通过顺序或逆序逐时段递推求解问题的最优解。动态规划算法的优点非常显著,主要包括理论严谨、能保证绝对收敛于全局最优解,易于编程、求解效率高等。与此同时,动态规划算法也存在一定的缺点,即在处理多维问题时,很容易出现“维数灾”,导致计算无法运行或计算耗时太长无法满足实际应用要求。因此在基本动态规划算法的基础上又出现了许多改进动态规划算法,主要有增量动态规划法、状态逐密动态规划、动态规划逐次逼近法和逐步优化法,这些方法各自采用了不同的改进措施来降低求解问题的计算量。

(3)国内外学者针对动态规划算法及其各种改进算法在单个水电站厂内经济运行、单个水电站短、中、长期优化调度以及梯级水电站群短、中、长期优化调度中的应用开展了大量的研究和仿真计算,取得了很好的成果。研究结

果表明,对于级数不太多的梯级水电站群的短、中、长期优化调度及单个水电站的短、中、长期优化调度和厂内经济运行,动态规划算法及其改进算法均能够很好地求解。在这些改进算法中,增量动态规划法、状态逐密动态规划、动态规划逐次逼近法算法比较适用于单个水电站的短、中、长期优化调度计算及厂内经济运行计算,而逐步优化法比较适用于梯级水电站群的短、中、长期优化调度计算。

(4)遗传算法简称GA(Genetic Algorithm),它的基本思想是基于Darwin进化论和Mendel的遗传学说的。遗传算法在本质上是一种不依赖具体问题的直接搜索方法,这种搜索方法决定了遗传算法能够很好地处理多维优化问题,在模式识别、神经网络、图像处理、机器学习、工业优化控制、自适应控制、生物科学、社会科学等方面都得到应用。遗传算法主要涉及基因、群体、群体规模、基因位置、基因适应度等概念,通过“染色体”群的选择(Selection)、交叉(Crossover)、变异(Mutation)过程产生更适应环境的新一代“染色体”群,逐代进化,最后就会收敛到最适应环境的一个“染色体”上,它就是问题的最优解。使用基因遗传算法求解梯级水电站群优化调度控制问题的流程见图5。

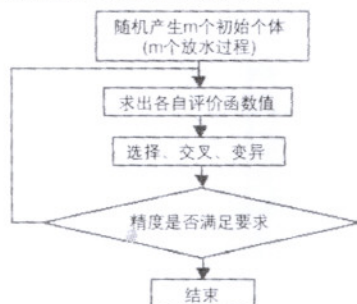


图5 基因遗传算法流程图

常规遗传算法能够很好地处理多维优化问题,但同时也存在着收敛速度慢、群体早熟导致收敛到局部最优解等缺点。由此,人们对常规遗传算

法进行了改进,形成了许多改进遗传算法,主要有二倍体遗传算法、自适应遗传算法及多目标遗传算法等。

常规遗传算法及其改进遗传算法被证明能够很好地解决级数较多的梯级水电站群的优化调度控制计算,为解决级数较多,无法使用改进动态规划算法求解的梯级水电站群提供了一种新的求解途径。然而,改进遗传算法只是在一定程度上避免了群体收敛于局部最优解的问题,并不能绝对保证每次都能收敛于最优解,这就带来了计算结果的不确定性。在梯级水电站群优化调度控制中,这种不确定性将直接引起机组启停控制和负荷调整的不确定性。因此,在梯级经济调度控制软件算法选取中应优先选择动态规划算法及其改进算法而不是遗传算法。

6 结束语

全文概述了梯级水电站系统中各子系统的功能及构成,在当前的运行模式中,水电站各子系统基本独立运行,相互联系不大,这在水电站运行由电网调度部门以行政命令的形式实行统一调度的模式下可行;而在电力市场环境下,电力行业形成了产权利益主体多元化的格局,水电公司作为市场竞争中的一个独立核算的经济实体,它追求各发电实体效益最大,因此,梯级水电系统需要建立一种既符合水库水电站运行规律,又符合电网运行规律,同时遵循电力市场运行交易规则的新模式,这就需要水电站各子系统加强联系,随着智能电网的发展,各发电终端的智能化需求也将越来越迫切,梯级水电站智能调度系统最终会蓬勃发展。

作者简介

阎应飞(1981-) 男 助理工程师,主要研究方向:水电厂监控技术。

参考文献(略)