

文章编号:1673-9469(2012)03-71-03

# 水电站站内运行优化通用系统设计

习华勇, 成莹

(河北工程大学 水电学院, 河北 邯郸 056021)

**摘要:**利用人工神经网络建立水轮机组能量特性模型并用遗传算法进行优化,统一采用多项式方式分别对水电站内各台水轮发电机组的引水管路进行分段水头损失计算,在对下游水位和流量关系处理时,除利用流量-下游水位关系曲线计算外,针对特殊情况引入了逻辑条件输入模式进行编程处理,设计了通用的水电站站内优化系统。试运行结果表明,该系统在处理电站参数、管路水力损失、下游水位及优化运行等方面均表现出很好的适应性。

**关键词:**水电站;通用;运行优化;水头损失

**中图分类号:**TP399

**文献标识码:**A

## Design of the general system for operation optimization of hydropower station

XI Hua-yong<sup>1</sup>, CHENG Ying<sup>1</sup>

(College of Hydropower, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056021, China)

**Abstract:** Aiming for the various type hydropower stations, artificial neural network with Genetic Algorithm have been adopted to establish the energy characteristic model of the hydropower station. In this paper, the polynomial method is adopted uniformly to calculate sectional head loss of water diversion pipeline for each water turbine generating set respectively. For the relationship of the downstream water level and the flow, besides the application of the polynomial calculation method, for the special case, the logic condition input mode is introduced to be programmed and the system for general optimization of hydropower station is also designed having been in trial operation for some hydropower stations which show the good adaptability in processing the parameters, head loss and downstream water level and so on.

**Key words:** hydropower station; generality; operation optimization; head loss

水电站站内运行优化系统,可根据当前的可利用水资源状况,合理安排水轮发电机组的运行,从而获得尽可能大的经济效益。据统计,实行站内优化运行的中小水电站,在一定时间内发相同电量的情况下,可节约耗水1%~3%<sup>[1]</sup>。高义<sup>[2]</sup>对水电站实时调度系统中的模块组成进行了研究;马跃先<sup>[1]</sup>利用COM组件技术进行了系统部分组件的开发,将大而复杂的系统分割成小而简单的模块,在客户程序端即插即用,提高了系统的通用型。本文利用人工神经网络建立水轮机组能量特性模型并用遗传算法进行优化,在系统设计中,重点研究水电站各水轮发电机组形式多样的

引水管路的水力损失在系统中统一利用分段多项式方法进行处理。针对各电站尾水出口存在的极大差异,除了利用流量-下游水位关系曲线外,对出现的极低或极高水位、或具有不同尾水出口等特殊情况,引入逻辑条件输入模式,然后利用程序方式处理等情况进行探讨。

### 1 优化系统概述

水电站站内运行优化系统的主要功能是根据当前可用流量进行水轮发电机组台数、台号及各机组的运行参数的选择,以在各机组之间进行合理的流量分配,使机组总出力达到最大。其优化

模型为

$$N = \max \sum_{k=1}^m N_k(Q_k) \quad (1)$$

式中:  $k$  - 机组编号;  $m$  - 运行的机组总台数;

$Q_k$  - 第  $k$  台机组耗流量;  $N_k$  - 第  $k$  台机组出力。

优化的约束条件为

$$Q_{k \min} \leq Q_k \leq Q_{k \max}, Q = \sum_{k=1}^m Q_k, 0 \leq N_k \leq N_{k \max}$$

式中:  $N_{k \min}$  - 第  $k$  台水轮发电机组的最小出力;  $N_{k \max}$  - 第  $k$  台水轮发电机组的最大出力;  $Q_{k \min}$  - 第  $k$  台水轮发电机组的最小流量;  $Q_{k \max}$  - 第  $k$  台水轮发电机组的最大过流流量。

系统中,优化采用遗传算法<sup>[4]</sup>来实现,而水轮发电机组的能量特性采用人工神经网络<sup>[5]</sup>来描述,对每一机组均要建立一个模型,存储后备用。优化系统的总流程为

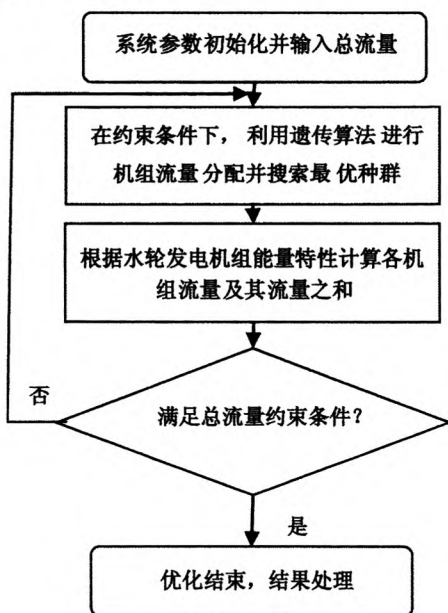


图1 优化程序流程简图

Fig.1 The program flow diagram of optimization part

## 2 通用系统设计需解决的主要问题

考虑到电站内部机组的调整和系统适用于不同的中小型电站,许多的参数不能给出定值,需在系统首次运行时进行设置<sup>[6-7]</sup>。分述如下:

### 2.1 电站及水轮机组参数设置

电站参数设置部分主要有:电站名称、电站机组的总台数及其每台机组的编号和系统中机组出力使用的单位,一般为“兆瓦”或者“万千瓦”。

水轮发电机组需设置的参数主要为:每台机

组的最小水头及最大水头,最小出力及最大出力,机组出力限制线的坐标信息等。

### 2.2 水头损失的计算

水电站形式多样,包括引水式电站、坝后式电站、河床式电站等<sup>[8]</sup>,因此水库到水轮机的引水管道形式多样,长度相差较大,特别是有些引水管路带有叉管、弯管等,水头损失计算比较复杂。另外,输水管路往往由多管段组成,各管段管路内壁使用的材料也不同,有些还利用弯头等管件连接,因此,为适用于计算的通用性,引水管路的水头损失应采用段数可变的分段计算。

首先,根据引水管路的分段数目,根据管路长度、水的流速、管道使用的材质、管道的分叉、弯曲程度等利用传统的计算方法<sup>[9]</sup>对每段管路计算若干个其在不同流量下的水头损失值,然后将计算结果最终归结为一个水头损失和流量的一元多次多项式来表示,这样,如果确定了该段管路的流量,即可计算出水头损失。

在程序中,一元多次多项式的系数通过系数输入框输入(图2),而管路通过的流量可将通过该段管路供水的机组的流量相加而得到。设置界面中,将“流量组合”右侧的机组编号点击为“红色”时,表示该机组通过该段管路供水;“黑色”表示不通过该段管路供水。这样,电站工作时,该段管路通过的流量即可确定,进而利用各段管路水头损失相加的方法计算出总的水头损失。

设置时,先固定一个机组,然后对每一段管路的参数进行设置,设置完后,再设置下一机组,直到每一机组设置完毕。

第二步:确定计算水头损失公式系数

$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$
7.73478886	-3.2590575	1.87679051	-8.65004177

流量组合 1# 2# 3# 4# 5# 6#

段号: 1    上一段    下一段    计算系数

上一机组    下一机组    计算    设置完毕

图2 水头损失计算参数设置

Fig.2 Head loss calculation parameters Settings

为达到系统通用的目的,即为了适合于任意的分段数和机组数,设置时,各机组的切换采用“上一机组”、“下一机组”以及“上一段”、“下一段”的方式切换,这样,机组的台数和分段数将不

再受限制。

2.3 下游水位的确定

水库下游水位的确定也很复杂。如果水库的所有机组利用一个尾水出口,那么利用机组的流量和下游水位的关系可以比较精确地确定下游水位;而有的水库考虑到灌溉的需要等因素,不同机组设置有不同的尾水出口,或者划分为几个尾水出口,此时下游水位的高度不同,计算方法也不相同,需要根据每台机组的情况分别计算,分别设置:如当流量较小时,下游水位是一个定值,当计算的下游水位小于这一定值时,取该定值即可;而如果上游来水量比较丰富,发电流量增大到一定程度,甚至需要泄洪时,可以设定各机组处于满发状态,不再优化。

各机组的下游水位计算拟合式的系数可以分别输入(图 3)。所有机组有相同的尾水出口时,各机组有相同的计算式,尾水出口不同时,可分别输入不同的计算式系数。当下游水位较低需要给定一个定值时,利用图 3 中的判断式可以进行设置。

第三步:下游水位确定

$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$
120.0006777	2.138453024	-8.14858246	2.217773682

if 上式的值  $\leq$  121 则取 121

上一机组 下一机组 计算系数 计算 设置完毕

图3 下游水位计算参数设置

Fig.3 The water level downstream parameters Settings

3 通用优化运行部分及实例

系统优化时,由于上游水位在一个短时间内变化较小,可以采用输入的方式,而下游水位通过计算得到,无需输入。预先确定的电站的总耗流量也通过输入的方式确定。各机组的运行状态通过“上一机组”、“下一机组”的方式进行机组切换,参数分别设定,直到最大机组数。

当设置好各个机组的运行状态及上游水位、总耗流量后,即可开始优化,结果在表格中显示出来。

以合河水库为例,当水库运行于上游水位

160.5 m,机组总流量为 24 m<sup>3</sup>/s 时,经计算,下游水位为 120.469 9 m,此时优化结果如表 1 所示。

表 1 合河水库优化结果

Tab.1 Hehe reservoir optimization results

机组编号	净水头	机组出力	机组耗流量
1	39.527 8	3.198 5	9.304 4
2	39.300 6	2.992 3	8.855 5
3	38.490 5	1.012 5	2.884 6
4	38.462 4	1.050 9	2.989 7

4 结论

本文设计的通用水电站站内优化系统,已结合广东合河水库、广东北峰山水库、广西三岔水库及河北岗南水库的电站参数运行通过。这些水库水轮发电机组的安装台数、水头范围(如三叉水库为灯泡式轴流机组,水头较低,而广东的两个水库具有较高的水头)、机组出力的范围等均有差异,特别是,广东合河水库、北峰山水库均包含旧站及其新站,具有不止一条的引水管路和不同的出水口,不同机组的下游水位也不同。系统在处理这些电站的各种参数、水头损失、下游水位及优化运行等方面均表现出很好的适应性。

参考文献:

[1] 马跃先,张宏娜,衣明星,等. 基于组件技术的水电站厂内经济运行系统[J]. 人民黄河,2009,31(12): 110-113.

[2] 高义,赵秋菊. 水库实时优化运行调度系统简析[J]. 河南水利,2003(4): 26-26.

[3] 陈国良,王煦法,庄镇泉,等. 遗传算法及其应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.

[4] 赵林明,胡浩云,魏德华,等. 多层前向人工神经网络[M]. 郑州:黄河水利出版社,1999.

[5] 张秀山. 公伯峡水电站大坝安全监测自动化系统建设和运行[J]. 四川理工学院学报:自然科学版,2010,23(6): 624-627.

[6] 孔庆梅,张秀山. 公伯峡水电站导流洞安全监测分析评价[J]. 四川理工学院学报:自然科学版,2011,24(1): 18-22.

[7] 匡会健,朱大钧,徐晶. 水电站[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.

[8] 华东水利学院. 水工设计手册-水电站建筑物[M]. 北京:水利电力出版社,1989.

(责任编辑 马立)