

简化调保计算方法 *

马跃先

(郑州工学院水环系)

摘 要: 本文提出了一种简化的调保计算方法,适用于实际工程中在原始资料不全的情况下作调保计算。

关键词: 水锤, 转速变化。

中国图书分类号: TV136

在水电站运行中,常常会遇到各种事故,使得机组突然与系统解列而甩掉所带的负荷。当调速器快速关闭导叶时,一方面由于水轮机流量的急剧变化,要在压力钢管中产生水击,另一方面由于水流输入给水轮机的能量不能转化成电能输送出去,只能消耗在机组本身而使得机组转速上升。如果水击压力上升太高则会引起压力钢管爆破等灾难事故,而机组转速上升过高则会影响到机组的强度、寿命及引起机组振动等。因而在设计水电站时,要计算出过渡过程中的最大压力上升值和最大转速上升值——即调保计算。

常规的调保计算方法是根据差分方程用图解法计算水击压力,根据规范推荐的经验公式计算最大转速上升值。对反击式水轮机来说,由于假设的出流条件和实际的出流条件相差较大,那么所计算出来的水击压力值也必然有很大的误差。规范所推荐的最大转速上升值计算公式本身就基于一些假条件,况且仅适用于直线关机的情况,故常规的调保计算方法有着其局限性。近年来,随着计算机应用的普及,目前越来越多的水电站调保计算都趋向于根据水轮机的全特性曲线编制程序,求其数值解,所得出的结果相对要精确的。但水轮机的全特性实验比较麻烦,又由于水轮机的型号繁多,即使是少数型号的转轮有这种全特性曲线,其有关资料也难获得,给编程序计算造成了一定的困难。据此,本文介绍一种根据大范围水轮机综合特性曲线作调保计算的方法。

1 水轮机导叶开度变化的数学模型

1.1 开度为直线变化

如图(1)所示

$$T_t = A_0(T_{ty} - T_c) + T_c \quad (1)$$

$$A = A_0 \quad (0 < t \leq T_c) \quad (2)$$

* 收稿日期: 1990-12-22

$$A = A_0 - A_0 \frac{t - T_c}{T_s - T_c} \quad (T_c < t \leq T_s) \quad (3)$$

其中: A —导叶开度, 初始开度用 A_0 表示, ($0 < A_0 < 1$); t —水轮机导叶关闭时间, 当初始开度为 A_0 时导叶关闭完了所需的总时间为 T_s ; T_{sy} —当 A_0 为 1 时导叶全关闭所需的时间; T_c —调节系统的迟滞时间; T'_s —导叶有效关闭时间。

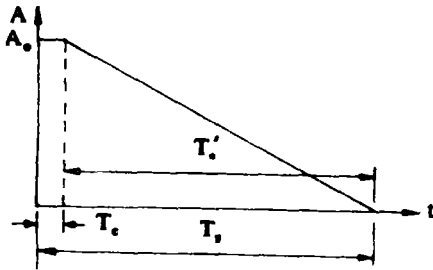


图 1 导叶直线关闭规律示意图

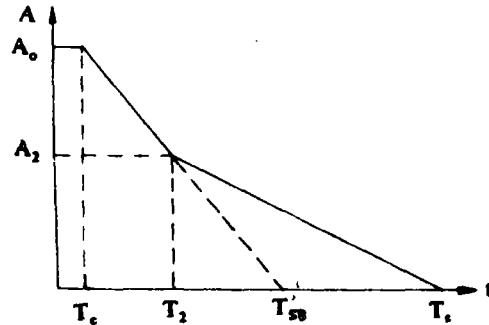


图 2 导叶分段直线关闭规律示意图

1.2 两段直线关机

当导叶关闭规律确定之后, 拐点处的导叶开度 A_2 也随之确定, 但导叶的初始度 A_0 由于水轮机运行工况的不同则不是一个确定的值, 所以分段关机导叶开度变化规律的数学模型要分两种情况来考虑。

① $A_0 > A_2$ 的情况: $A = A_0 \quad (0 < t \leq T_c)$ (4)

$$T_{20} = T_c + \frac{1 - A_2}{T_{sB} - T_c} \quad (5)$$

$$T_2 = T_c + \frac{A_0 - A_2}{T_{sB} - T_c} \quad (6)$$

$$A = A_0 - \frac{t - T_c}{T_{sB} - T_c} \quad (T_c < t \leq T_2) \quad (7)$$

$$T_s = T_{sy} - T_{20} + T_2 \quad (8)$$

$$A = A_2 \left(1 - \frac{t - T_2}{T_{sy} - T_{20}}\right) \quad (T_2 < t \leq T_s) \quad (9)$$

② $A_0 < A_2$ 的情况: $T_s = \frac{A_0}{A_2} (T_{sy} - T_{20}) + T_c$ (10)

$$A = A_0 \quad (0 < t \leq T_c) \quad (11)$$

$$A = A_0 - A_2 \frac{t - T_c}{T_{sy} - T_{20}} \quad (T_c < t \leq T_s) \quad (12)$$

其中: T_2 —由初始开度为 A_0 的某一工况关闭到拐点处的时间, 当 $A_0 = 1$ 时为 T_{20} ;
 T_{sb} —由初始开度 A_0 按第一段直线变化规律一直关闭到零开度时所需的时间, 当 $A_0 = 1$ 时为 T_{sb} ; 其余符号的意义同前。

2 计算方法

2.1 曲线及数据处理:

在大范围综合特性曲线上采点输入计算机形成数据文件。采点前通过估算确定出采点范围, 单位转速 n'_1 和单位流量 Q'_1 按一维数组输入, 效率 η 和开度 A 按二维数组输入。如果小开度区中原实验给出的开度曲线长度不够长, 可按原开度曲线的变化规律作适当的延长。两条开度线 (或两条效率线) 之间的点按直线内插采出。为了提高计算精度, 采用的总点数不能太少, 一般二维数组不小于 50×50 。

2.2 函数值计算公式

如图 3 所示, 已知一点 B, 其坐标值 Q'_1 和 n'_1 可分别用 x 、 y 表示, 则 B 点的函数值 A (或 η) 可用下面式子计算:

$$f_1 = \frac{f_{i+1,j} - f_{i,j}}{x_{i+1} - x_i} (x - x_i) + f_{i,j} \quad (13)$$

$$f_2 = \frac{f_{i+1,j+1} - f_{i,j+1}}{x_{i+1} - x_i} (x - x_i) + f_{i,j+1} \quad (14)$$

$$\text{则} \quad f_B = \frac{f_2 - f_1}{y_{i+1} - y_i} (y - y_i) + f_1 \quad (15)$$

若令

$$P = \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i}; \quad q = \frac{y - y_i}{y_{i+1} - y_i}$$

$$\text{则} \quad f_B = (1 - P)(1 - q)f_{i,j} + P(1 - q)f_{i+1,j} + q(1 - P)f_{i,j+1} + qPf_{i+1,j+1} \quad (16)$$

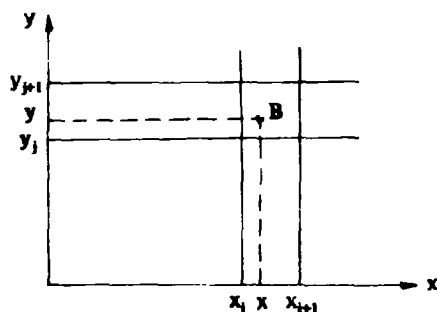


图 3 求函数值插值示意图

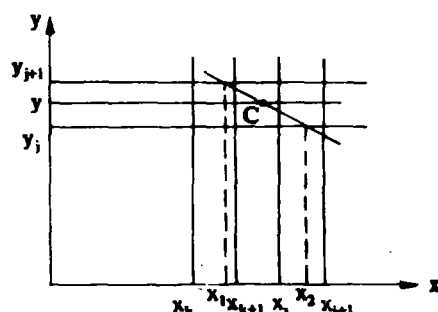


图 4 求坐标值插值示意图

2.3 座标值计算公式:

在计算过程中, 对于每一个计算时段, 都需要根据此时刻水轮机的开度 A_i 求出过流量 Q_i , 由于在综合特性曲线上, 等开度曲线一般是倾斜的, 虽然由已知的单位转速 y 可以判定出交点 C 落在 y_j 和 y_{j+1} 两条线之间, 但很难根据等开线 a 和 y_j 及 y_{j+1} 的交点判定出 C 点落在哪个网格之间 (如图 4 所示), 所以要使用一种特殊的插分格式, 计算公式如下:

$$x_2 = \frac{(f_c - f_{ij})(x_{i+1} - x_i)}{f_{i+1,j} - f_{ij}} + x_i \quad (17)$$

$$x_1 = \frac{(f_c - f_{kj+1})(x_{k+1} - x_k)}{f_{k+1,j} - f_{kj}} + x_k \quad (18)$$

令

$$G = (y_{j+1} - y) / (y - y_j)$$

则

$$x = (x_1 + x_2 G) / (1 + G) \quad (19)$$

2.4 调保计算公式:

$$\zeta_t^A = 2\rho(q_{t-\Delta t}^B - q_t^A) - k|q_{t-\Delta t}^B|q_{t-\Delta t}^B \quad (20)$$

$$q_t^B = q_{t-\Delta t}^A - \frac{1}{2\rho}(\zeta_{t-\Delta t}^A + k|q_{t-\Delta t}^A|q_{t-\Delta t}^A) \quad (21)$$

$$\beta_t = \beta_{t-\Delta t} + (m_{u-\Delta t} + m_u) \frac{\Delta t}{2T_s} \quad (22)$$

其中: ζ —水击压力值; ρ —管路特性常数; q —相对流量; k —引水管的水头损失系数; β —转速上升值; m_t —相对力矩; T_s —机组惯性时间常数。

根据以上数学模型, 不难编制出调保计算程序, 程序框图如图 6 所示。

在调试程序过程中, 如 Δ 取的过大, 可能会出现迭代不收敛问题, 而 Δ 取的过小则增加迭代次数, 所以 Δ 的大小要选择合适的。

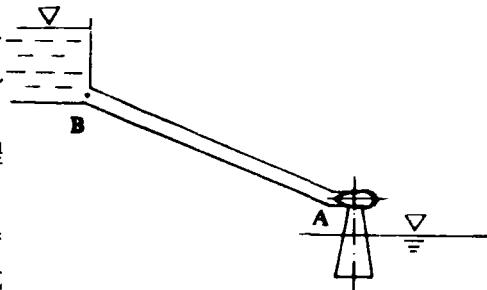


图 5 水电站引水系统示意图

3 结束语

在本文提出的方法中, 把主要综合特性曲线图上零效率线以外的范围都视为效率为

零,就是说没有制动及反水泵工况区,这样处理并不影响得出对工程有用的结果,因为在关机过程中,在效率为零工况点机组转速上升值达到最大,机组转速上升值将维持此最大值不变,我们感兴趣的正是机组转速的最大上升值,而此后的那一段过渡过程的转速变化规律对工程设计的实际意义并不大。这种简化对水击压为的计算结果并不产生影响。

如果仅根据大范围主要综合特性曲线进行曲线转换和特性延长,势必会增加一次读点误差,而影响最后计算结果的精度,且处理比较麻烦。

本文所提出的这种方法为在资料不全情况下作调保计算开辟了一个新途径,其计算结果比用经验公式要可靠和精确的多,可用于实际的工程设计之中。

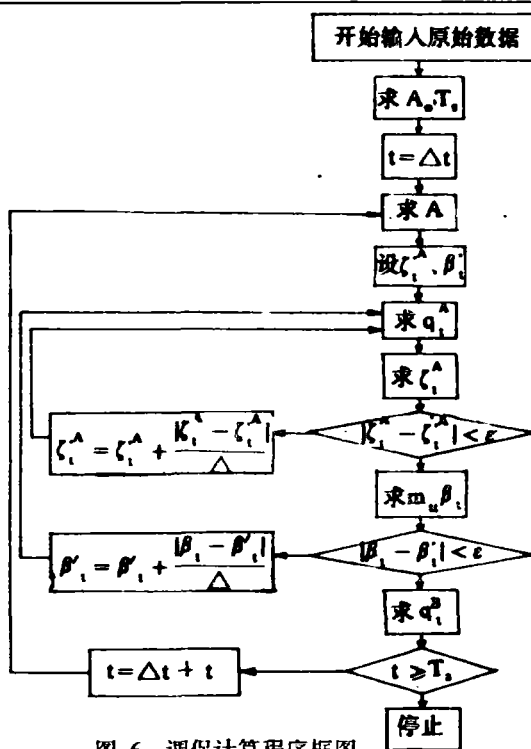


图 6 调保计算程序框图

参 考 文 献

- (1) 华东水利学院等合编. 水轮机调节. 水力电力出版社. 1984
- (2) 寿梅华. 混流式水轮机导叶两速关闭时的压力和速率上升计算. 水力发电. 1990, No.7
- (3) 常兆堂等译. 水电站动力装置中的过渡过程. 水利出版社. 1981

The calculation Method on the Water Hammer in Line and the Rotation Change of Generator

Ma yao-xian

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: In this paper, a new method on the water hammer in line and the rotation change of generator is presented. The method will be used in the case the basic data are insufficient if the calculation is indispensable in project.

Keywords: water hammer, rotation change.