

调压室水位波动允许值研究*

杨玲霞

(郑州工学院水环系)

摘 要: 本文首先提出了调压室水位波动允许值的研究问题,接着从调节原理出发,导出了调压室水位波动允许波幅值的计算公式。确定了调压室水位波动允许值后,在实际中就可以设计并采用小于托马断面的阻抗式调压室、降低工程造价。这项研究工作具有理论和实际意义。

关键词: 调压室, 波幅, 允许值。

中图分类号: TV732:TV13

引起调压室水位波动的原因有两种:一种是直接引起调压室水位波动的某种扰动;另一种是电站负荷变化。后者是调压室水位波动的主要原因。当电站负荷变化后,机组就需要相应地改变流量,从而在引水系统中引起非恒定流现象,调压室水位随之波动。调压室水位波动有三种可能结果:一种是波动逐渐发散,称为不稳定现象,在实际中不允许出现。另一种是波动逐渐衰减至零,这是希望的最好结果。第三种是波动逐渐趋向于某一等幅波动,永不消失。文献^[1]的研究表明:对于阻抗式调压室,当 $A_s > A_{Th}$ 时,调压室水位波动逐渐衰减至零。当 $A_s < A_{Th}$ 时,水位波动逐渐趋向于某一等幅波动,并导出了调压室断面面积与以对应的等幅波动的相对幅值 m 之间的关系式:

$$\left. \begin{aligned} A_s &= n A_{Th} \\ n &= 0.5(1 + \sqrt{1 - 16g^2 F \xi (H + Z_c)(H + 3Z_c)m / L^2}) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

文献[2]的研究也证明当 $A_s < A_{Th}$ 时,水位波动趋向于一个等幅波动,只是导出的等幅波动的幅值与调压室面积之间的关系式比较复杂。

众所周知,水电站在正常运行过程中,由于电站负荷随时都在变化,调压室水位避免不了有不断的波动。但只要波动不是发散的,且波幅不很大,是不影响电站的正常运行和发电质量的。因此,即使这种波动永不消失,也应该是允许的。对于平原地区,水电站多属于中低水头电站,根据托马公式设计,所需调压室断面很大,投资偏高。如果允许调压室内水位维持一个幅值不大的等幅波动,那么就可以采用断面小于托马断面的阻抗式调压室,降低工程造价。这样就出现了一个需要研究和解决的问题:调压室水位波动允许值的确定问题。此问题前人没有研究过,本文将做这方面的探讨,力求获得确定调压室水位波

* 收稿日期: 1993-03-01

动允许值的计算公式。

1 调压室水位波动允许幅值的确定

调压室水位波动允许波幅值的大小取决于电站的运行方式、机组的惯性、调速器的灵敏度以及用户对供电质量的要求等因素。

为了简单起见,假定电站为单独运行电站,不考虑电网影响。设调压室水位有一波幅为 S_m 的等幅波动,则电站的水头为:

$$H = H_0 + S_m \cdot \sin \frac{2\pi}{T} t$$

$$\Delta H = S_m \cdot \sin \frac{2\pi}{T} t$$

水头的变化影响水轮机出力的变化,导致调速器动作,调节阀门开度,使流量变化,同时机组转速也随着变化。总之,水头的周期性变化触发的调节过程是出力、转速、开度和流量等物理量的复杂的变化过程。当水头的变化量增大时,其它物理量也随着增大。在这些物理量中,转速的变化量由于用户对电能质量的要求将受到限制,用户要求频率保持在额定值附近的某个范围之内,不能有太大的变化,否则影响生产质量。要想保持机组供电频率稳定不变,必须保持水轮发电机组的转速稳定不变。水电站一般要求水轮发电机组转速变化不超过额定转速的 $\pm 0.1\%$ 到 $\pm 0.4\%$ ^{〔3〕}。由于转速变化量受到限制,本文就根据允许的转速变化量反推允许水头变化量的计算公式。

为了简单起见,本文不考虑水头周期性变化过程和复杂的调节过程。假定在某一时刻,水头增量为 $\Delta H = S_m$,流量没有来得及变化,则对应的出力增量为:

$$\begin{aligned} \Delta N &= 9.81\eta Q_0(H_0 + S_m) - 9.81\eta Q_0 H_0 \\ &= 9.81\eta Q_0 S_m \end{aligned}$$

这时系统所需要的出力为 N_0 , 多余的出力增量 ΔN 就转变成转速的增加,同时调速器关闭阀门开度,减小流量使出力减小。调节过程中出力 N 、转速 n 及阀门开度 τ 的变化规律如图1所示。

当出力增加引起转速增加后,由于调速系统的惯性等因素影响,导叶经过迟滞时间 T_c 以后才开始以某一速度关闭,机组转速经过 $(T_c + T'_n)$ 后达到最大值 n_m 。 T'_n 称为升速时间。在 T_c 内,导叶未动作,机组出力保持不变, T_c 后,假定导叶直线关闭,水轮机流量逐渐减小,但压力水管的正水击使水轮机的工作水头增大,并影响水轮机的流

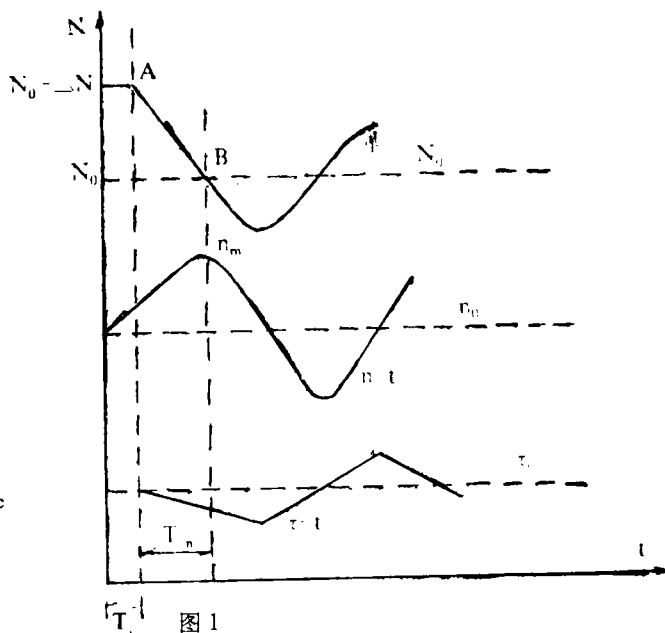


图1

量。机组出力在流量和水击等影响下,呈外凸形下降曲线。因外界负荷只需出力 N_0 , 出力增量 $\Delta N \sim t$ 曲线与坐标轴所包围的面积即为水轮机关闭过程中机组剩余能量,其值为:

$$102(\Delta N \cdot T_c + 0.5 \Delta N \cdot T'_n) \quad \text{公斤米}$$

这里近似取 AB 为直线。

此剩余能量将转化为机组转动部分的动能,使转速升高。若机组转动部分的惯性矩为 I , 初始角速度为 ω_0 , T'_n 末的角速度为 ω_m , 则:

$$102(\Delta N \cdot T_c + 0.5 \Delta N \cdot T'_n) = 0.5 \cdot I \cdot (\omega_m^2 - \omega_0^2) \quad (3)$$

式中:

$$\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30}, \quad n_0 \text{ 为机组的额定转速, 转/分}$$

$$\omega_m = \frac{\pi(n_0 + \Delta n)}{30} = \frac{\pi n_0}{30}(1 + \beta), \quad \beta = \frac{\Delta n}{n_0}$$

$$I = \frac{G}{g} \left(\frac{D}{2} \right)^2 = \frac{GD^2}{4g}$$

当 GD^2 以吨·米²为单位时:

$$I = 1000 \frac{GD^2}{4g} \quad \text{公斤米/秒}^2$$

将以上关系代入式(3), 化简得:

$$\Delta N = \frac{GD^2 n_0^2 (2\beta + \beta^2)}{730(T_c + 0.5T'_n)}$$

取 β 的最大允许值 $\beta_m = 0.4\%$ ^[1], 并将(2)式代入上式得:

$$S_m = GD^2 n_0^2 / 86401.7 Q_0 (T_c + 0.5T'_n) \quad (4)$$

式中: T_c ——调节迟滞时间, $T_c = T_A + 0.5\sigma T_a$ 。

T_A ——导叶不动时间, 电调取 0.1s, 机调取 0.2s。

δ ——调速器的残留不均衡度, 一般为 0.02~0.06。

$$T_a \text{——机组的时间常数, } T_a = \frac{n_0 GD^2}{365 N_0}, \text{ s.}$$

(4) 式即为调压室水位波动允许波幅值的计算公式。

2 升速时间 T'_n 的确定

对于电站突然丢弃全部负荷的情况, 升速时间可根据统计资料近似表达为^[3] (参考图 2):

$$T'_n = (0.9 - 0.00063 n_s) \cdot T_c \quad (5)$$

$$n_s = n_0 \sqrt{N_0} / H_0^{1.25}, N_0 \text{ 以千瓦计。}$$

但对于部分丢弃负荷或部分出力变化的情况, 目前还没有确定升速时间的方法。本文将采用近似的方法来确定 T'_n 。

设图 2 中曲线, 为一抛物线^[4], 顶点坐标为 $(0, N_0)$, 与 t 轴的交点为 $(T_n, 0)$, 则抛物线的表达式为:

$$N = -\frac{N_0}{T_n^2} t^2 + N_0$$

取出力为 $(N_0 - \Delta N)$ 时对应的时间为部分出力变化 ΔN 所对应的升速时间, 即:

$$N_0 - \Delta N = -\frac{N_0}{T_n^2} \cdot T'^2_n + N_0$$

整理得:

$$T'_n = T_n \cdot \sqrt{\Delta N / N_0}$$

将 (2) 式代入上式得:

$$T'_n = T_n \cdot \sqrt{S_m / H_0} \quad (6)$$

将 (6) 式代入 (4) 式得:

$$S_m = \frac{GD^2 n_0^2}{804017 Q_0 (T_c + 0.5 T_n \cdot \sqrt{S_m / H_0})} \quad (7)$$

利用 (7) 式, 由已知的水轮机调速器特性, 即可求出调压室水位波动的允许波幅值 S_m , 然后利用公式 (1) 可算出阻抗式调压室的稳定断面面积。此面积小于托面断面。

3 计算实例

3.1 南湾 I 号水电站, 已知: $GD^2 = 20 \text{ 吨} \cdot \text{米}^2$, $n_0 = 300 \text{ 转} / \text{分}$, $N_0 = 1360 \text{ 千瓦}$, $H_0 = 20 \text{ 米}$, $Q_0 = 8.44 \text{ 米}^3 / \text{秒}$ 。

取导叶不动时间 $T_A = 0.2 \text{ 秒}$, 调速器残留不平衡度 $\delta = 0.04$, $T_s = 5 \text{ 秒}$ 。

计算得调压室允许波动幅值 $S_m = 0.48 \text{ 米}$, 相对允许波动幅值 $m = S_m / H_0 = 2.4\%$ 。

3.2 南湾 II 号水电站, 已知: $GD^2 = 130 \text{ 吨} \cdot \text{米}^2$, $n_0 = 187.5 \text{ 转} / \text{分}$, $N_0 = 3500 \text{ 千瓦}$, $H_0 = 22 \text{ 米}$, $Q_0 = 18.5 \text{ 米}^3 / \text{秒}$ 。

取导叶不动时间 $T_A = 0.2 \text{ 秒}$, $\delta = 0.04$, $T_s = 5 \text{ 秒}$ 。

计算得: $S_m = 0.54 \text{ 米}$, $m = 2.5\%$ 。

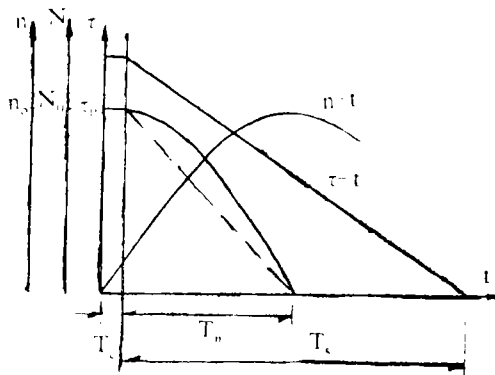


图 2

3.3 上马岭水电站, 已知: $GD^2 = 650 \text{ 吨} \cdot \text{米}^2$, $n_0 = 214 \text{ 转} / \text{分}$, $N_0 = 6700 \text{ 千瓦}$,

$H_0 = 95 \text{ 米}$, $Q_0 = 81 \text{ 米}^3 / \text{秒}$ 。

取 $T_A = 0.2 \text{ 秒}$, $\delta = 0.04$, $T_s = 5 \text{ 秒}$ 。

计算得: $S_m = 1.06 \text{ 米}$, $m = 1.1\%$ 。

3.4 江西七一水电站, 已知: $GD^2 = 85 \text{ 吨} \cdot \text{米}^2$, $n_0 = 273 \text{ 转} / \text{分}$, $N_0 = 3000 \text{ 千瓦}$,

$H_0 = 46 \text{ 米}$, $Q_0 = 12.35 \text{ 米}^3 / \text{秒}$ 。

取 $T_A = 0.2 \text{ 秒}$, $\delta = 0.04$, $T_s = 5 \text{ 秒}$ 。

计算得: $S_m = 1.02 \text{ 米}$, $m = 2.2\%$ 。

4 结 论

本文关于调压室水位波动允许波幅值的研究具有理论价值和实际生产意义。在实际运行过程中, 调压室水位避免不了要有不断的波动, 但波幅不大的波动并不影响电站的正常运行和发电质量。如果能明确一个调压室水位波动允许值, 根据文献[1]中理论, 即本文公式(1), 可设计并采用小于托马断面的阻抗式调压室, 减少工程量, 降低投资。

本文通过对单独运行的水电站系统中调压室水位波动允许波幅值的研究, 有以下认识:

①调压室水位波动允许波幅值 S_m 与水轮机飞轮力矩 GD^2 成正比, 与额定转速的平方 n_0^2 成正比。这说明: 在保证发电质量的前提下, 飞轮力矩 GD^2 越大, 允许的调压室水位波动值 S_m 也越大。额定转速 n_0 越大, S_m 也越大。反之亦然。

②调压室水位波动允许波幅值 S_m 与水轮机引用流量 Q_0 成反比, Q_0 大, S_m 小, Q_0 小, S_m 大。

③调压室水位波动允许波幅值还与调速器的迟滞时间和升速时间有关。迟滞时间和升速时间越大, 允许波幅值越小; 反之亦然。

④计算调压室水位波动允许值 S_m 的公式(7)形式简单, 意义明确, 使用方便。

参 考 文 献

- 1 杨玲霞, 周明. 南湾II号水电站调压室合理断面研究. 水力发电. 1989年第八期.
- 2 J. S. MONTES. Damping and stability of Orifice plate Surge Tanks by Approximate Analytical Technique 7th Australasian Hydraulics and Fluid Mechanics Conference Brisbane. 18-22 August. 1980.
- 3 华东水利学院和华北水利水电学院. 水电站. 水利出版社. 1980年12月.
- 4 季奎. 轴流式及混流式水轮发电机组暂态速率上升值计算. 水力发电. 1987年第五期.

Study on Allowable Value of Amplitude in Surge tanks

Yang Lingxia

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: This paper advances a new study question on allowable value of amplitude in Surge tanks. Then, the formula to determine allowable value of amplitude in surge tanks is yielded according to the adjust principle. When the allowable value is determined, a throttled surge tanks, which is of a smaller stable Cross-sectional area than Thoma's section, can be designed and used in practice. And it will economize the cost of construction. This study is of the theoretical and practical Significance.

Keywords: Surge tank, Surge amplitude, Allowable value.

(上接第 7 页)

6 戴国瑞. 水电站水库最优调度中河川径流的随机描述. 武汉水利电力学院学报. 1982 年第 3 期.

7 陈惠源. 径流过程随机描述有关问题的探讨, 武汉水利电力学院学报. 1989 年第 4 期.

8 贺北方, 吕延军. 月径流序列的季节性 ARIMA 模型. 郑州工学院学报. 1992 年第 3 期.

Markovian Decision Planning Model of Compound Stochastic Description

He Beifang Xiang Guang hong

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: In this paper, compound stochastic description are adopted for the runoff process. Constrain of the reliability and the stochastic character of irrigation water inquired into, Markovian decision planning model in which runoff forecast and constrain of the reliability are considered. The practice optimal operation shows that the model and calculation method are reasonable and effective.

Keywords: compound stochastic series, reliability of water supply, Markovian decision planning model.