

# NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG MÔ HÌNH ĐIỀU KHIỂN PID ĐỂ XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ ĐIỀU TỐC CỦA TỔ MÁY THỦY ĐIỆN

Nguyễn Văn Sơn<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Từ việc nghiên cứu nguyên lý hoạt động của máy điều tốc theo mô hình điều khiển PID, đặc tính chủ yếu của tuyến năng lượng và các tổ máy thủy điện, từ đó xây dựng mô phỏng toán học cho mô hình điều khiển PID của máy điều tốc tổ máy thủy điện. Chạy thử nghiệm điều khiển tổ máy trên máy tính để xác định các thông số điều khiển tối ưu cho máy điều tốc thay cho việc phải chạy thử nghiệm nhiều trên tổ máy thủy điện thực tế, giúp đẩy nhanh tiến độ và đem lại hiệu quả nhất định. Nghiên cứu áp dụng cho thủy điện Tà Cọ 30MW – Tỉnh Sơn La cho kết quả tính toán phù hợp với kết quả thí nghiệm trên tổ máy thủy điện thực.

**Từ khóa:** Tổ máy thủy điện; Máy điều tốc; Vận tốc quay; Tần số điện; Điều khiển tổ máy thủy điện;

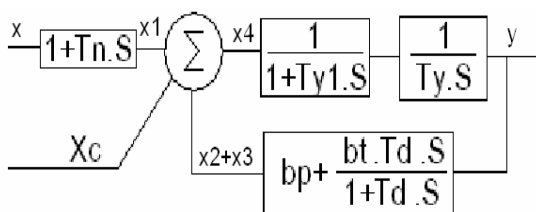
## 1. Mở đầu

Hiện nay ở nước ta, số lượng các trạm thủy điện tham gia cung cấp điện cho hệ thống điện ngày càng nhiều. Việc đánh giá được chất lượng điện cũng như tính ổn định và an toàn khi điều chỉnh các tổ máy phát điện là rất cần thiết. Việc tính toán chọn các thông số điều khiển hợp lý, tối ưu ngoài việc nâng cao chất lượng điện còn bảo đảm an toàn, kéo dài tuổi thọ của các thiết bị tổ máy và hạn chế sự ảnh hưởng không tốt lẫn nhau giữa các tổ máy. Hiện nay việc xác định các thông số PID cho máy điều tốc được thực hiện bằng cách chạy thử nghiệm nhiều lần với các bộ thông số PID khác nhau (sau khi lắp đặt các thiết bị tổ máy thủy điện xong, các công trình đã hoàn thiện đủ điều kiện đưa vào sử dụng) từ kết quả chạy thử nghiệm sẽ lựa chọn được bộ thông số PID hợp lý và cài đặt cho máy điều tốc. Việc chạy thử nghiệm như trên sẽ tốn thời gian và tăng chi phí, để khắc phục nhược điểm này, chúng tôi đã nghiên cứu xây dựng mô phỏng mô hình điều

khiển PID của máy điều tốc tổ máy thủy điện, sau đó chạy thử nghiệm trên máy tính với các bộ thông số PID khác nhau (thay cho việc chạy thử nghiệm trên tổ máy thủy điện thực tế, việc làm này ít tốn kém, nhanh chóng và có thể thực hiện được trước khi lắp đặt hoàn chỉnh tổ máy thủy điện), từ kết quả tính toán ta cũng sẽ chọn được bộ thông số PID hợp lý. Cài đặt bộ thông số PID trên cho máy điều tốc tổ máy thủy điện thực tế, vận hành tổ máy, nếu cho kết quả điều khiển phù hợp với kết quả tính toán trên máy tính thì bộ thông số PID nêu trên là phù hợp.

## 2. Mô hình điều khiển PID của máy điều tốc.

Khi điều chỉnh tăng tải, giảm tải, phụ tải thay đổi vv.. việc thay đổi độ mở cánh hướng nước phụ thuộc vào sự biến động của tần số dòng điện thông qua máy điều tốc. Hiện nay các máy điều tốc thủy điện thường được áp dụng theo mô hình điều khiển PID (Proportion Integral Derivative) như hình 1.



Hình 1: Mô hình toán của máy điều tốc PID

x – Độ sai lệch tương đối của vận tốc quay.

Xc – Tín hiệu điều khiển bên ngoài

Ty1 – Hằng số thời gian của máy tiếp lực bổ trợ (Hằng số này rất nhỏ).

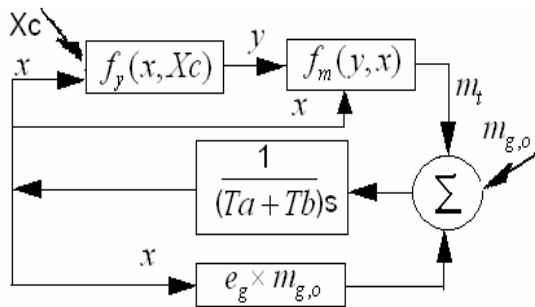
Ty – Thời gian công tác của động cơ tiếp lực.

y – Vị trí tương đối của động cơ tiếp lực cánh hướng nước.

<sup>1</sup>Bộ môn Thủy Điện & NLTT, Trường Đại học Thủy lợi

Bộ thông số chính của máy điều tốc:  $T_d$  – Hằng số thời gian hoãn xung (thời gian triệt tiêu tín hiệu phản hồi);  $bt$  – Hệ số phản hồi tạm thời (tỷ lệ phản hồi mềm);  $bp$  – Hệ số phản hồi vĩnh viễn (tỷ lệ phản hồi cứng);  $T_n$  – Hằng số thời gian gia tốc (mức độ phản ứng với tốc độ thay đổi tần số lưới điện)

Mô hình toán của máy điều tốc PID được nghiên cứu biểu diễn dưới dạng hàm số  $y = f_y(x, Xc)$ . Hàm số trên mô tả độ mở cánh



Hình 2: Mô hình toán tổ máy thủy điện với máy điều tốc PID

Trong đó:  $m_t$  – Mô men động lực tương đối của tổ máy

$m_g$  – Mô men cản tương đối của máy phát điện.

$m_{g,o}$  – Mô men cản tương đối của máy phát điện khi máy phát điện quay với vận tốc quay đồng bộ

Hàm số ( $f_m$ ) là hàm số liên hệ giữa mô men động lực với vận tốc quay và độ mở cánh hướng nước, hàm số này còn phụ thuộc vào hệ thống đường dẫn nước của trạm thủy điện v.v.

Hệ phương trình trên còn có thể viết rút gọn lại như sau: 
$$\begin{cases} y = f_y(x, Xc) \\ x = f_x(y, x) \end{cases} \quad (1)$$

Giải các hệ phương trình (1) theo thời gian

hướng nước vào độ lệch tần số lưới điện (tác động liên tục) và điều khiển của con người (điều khiển không liên tục)

### 3/ Mô hình toán tổ máy thủy điện với máy điều tốc PID.

Xây dựng mô phỏng đặc tính tổ máy, tuyến năng lượng, tôi đưa ra mô hình toán hệ thống tự động khống chế của tổ máy thủy điện với máy điều tốc PID như hình 2.

$T_a$  – Hằng số thời gian quán tính của tổ máy

$$T_a = \frac{GD^2 \times n_r^2}{365 P_r}$$

$T_b$  – Hằng số thời gian quán tính của phụ tải.

Căn cứ vào kết quả nghiên cứu của các nước

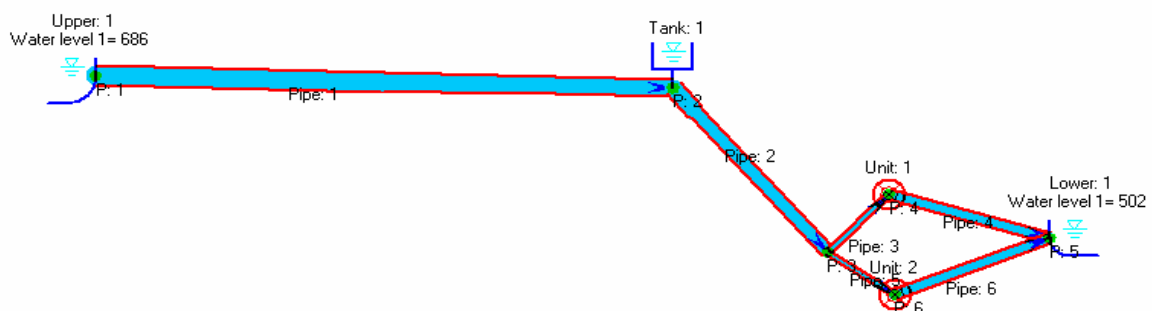
$$\text{phương tây: } T_b = (0,24 \sim 0,3) T_a \frac{P_o}{P_r},$$

$e_g$  – Hệ số đặc tính của phụ tải.

do các tác động bên ngoài  $X_c$  (điều khiển của con người) và  $m_{g,o}$  (sự thay đổi của phụ tải) ta được kết quả mô phỏng điều khiển tổ máy thủy điện với máy điều tốc PID.

### 4/ ứng dụng mô phỏng cho trạm thủy điện Tà Cọ -Sơn La

Thủy điện Tà Cọ có các thông số cơ bản của tổ máy như sau: Công suất lắp máy  $N_{lm}=30\text{MW}$ ; công suất định mức  $N_{tm}=15\text{MW}$ ; Đường hầm dẫn nước dài  $L=4,5\text{Km}$ ; đường kính hầm  $D=3,8\text{m}$ ; Tháp điều áp viên trụ đường kính trong  $D=6\text{m}$ ; Tuốc bin: HLA520—LJ—148; mô men đà  $GDD=95 \text{ T.m}^2$ ; Vận tốc quay đồng bộ  $n=600\text{v/ph}$ .



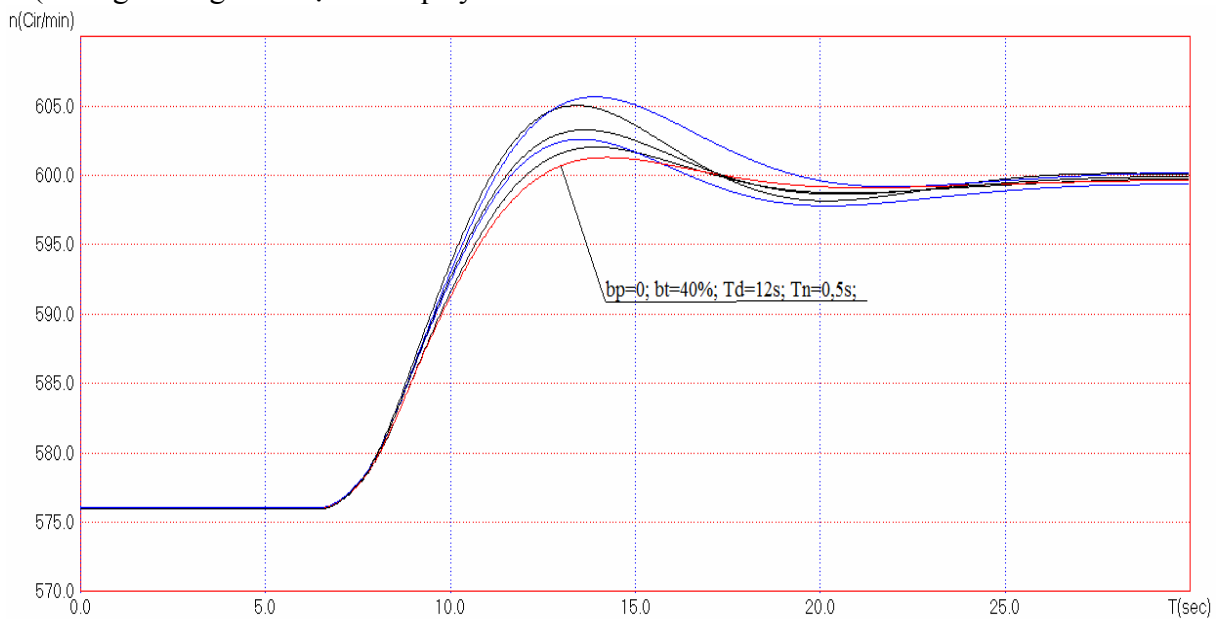
Hình 3: Sơ đồ khai thác thủy điện Tà Cọ

Với các thông số công trình, thiết bị của thủy điện Tà Cọ như trên, tiến hành chạy thử nghiệm trên máy tính với các bộ số PID khác nhau như bảng sau:

Thử nghiệm	bp(%)	bt (%)	Td(s)	Tn(s)
1	0	30	12	0,5
2	0	50	12	0,5
3	0	40	5	0,5
4	0	40	20	0,5
5	0	40	12	1,0
6	0	40	12	0,5

Chạy thử nghiệm theo ở chế độ không tải, điều khiển đưa tần số điện từ 48Hz lên tần số 50Hz (Tương đương với vận tốc quay của tổ

máy từ 576 vòng/phút lên 600 vòng/phút). Kết quả mô phỏng như hình 4:



Hình 4: Kết quả tính toán quá trình biến đổi vận tốc quay của tổ máy theo thời gian với các bộ số PID khác nhau

Dựa vào kết quả trên hình 4, thử nghiệm 6 có các thông số PID  $bp=0$ ;  $bt=40\%$ ;  $Td=12s$ ;  $Tn=0,5s$ ; cho kết quả (đường màu đỏ) điều khiển tốt nhất (điều khiển nhanh và ổn định) vận tốc quay của tổ máy rất nhanh chóng đạt tốc độ ổn định 600 vòng/phút, bị vượt tốc rất nhỏ (vượt tốc 1,5 vòng/phút tương đương lệch tần số 0,125Hz), nhanh ổn định. Áp dụng bộ số PID nêu trên cài đặt cho máy điều tốc của tổ máy thủy điện Tà Cọ kết quả vận hành trên tổ máy thực tế phù hợp với kết quả mô phỏng trên máy tính.

### 5/ Kết luận

Việc đánh giá được chất lượng điều chỉnh

các tổ máy phát điện thực hiện trên mô hình toán cho kết quả rất phù hợp với thực tế, chi phí thấp hơn rất nhiều so với thí nghiệm trên tổ máy mô hình và trên tổ máy thực tế. Thời gian thực hiện nhanh chóng và có thể thực hiện trước khi hoàn thành lắp đặt tổ máy thủy điện. Thông qua mô phỏng trên máy tính, chúng ta xem xét được toàn diện hơn, lựa chọn được các thông số điều khiển hợp lý, tối ưu, nâng cao chất lượng điều khiển, tăng nhanh tiến độ, sớm phát hiện những tồn tại trước khi đưa công trình vào vận hành, bảo đảm an toàn, kéo dài tuổi thọ của các thiết bị tổ máy đem lại hiệu quả kinh tế rõ ràng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. 吴荣樵、陈鉴治，水电站水力过渡过程，北京：中国水利水电出版社，1997
2. [3] 沈祖谥，水轮机调节（第二版），北京：水利电力出版社，1988
3. 赖旭、杨建东、陈鉴治，调速器对上下游双调压井水电站稳定域的影响，武汉水利电力大学学报，1997.10， No5。
4. 李进平、李修树，管道非恒定流摩阻损失研究，水利水电学报，2003.3， Vol 21, No 6.
5. 沈总树、张勇传，水电站机组稳定与控制，华中理工大学出版社，1988。
6. 蔡维由，水轮机调速器，武汉水利电力大学出版社，2000。
7. 常兆堂，PID 调速器频率特性分析，大电机技术，1985，No 4。
8. Azoury, P. H. Baasiri, M & Najm, H. , Effect of Valve-Closure Schedule on Water Hammer, ASCE, j. Hyd. Eng. , Vol 112, No 10, Oct, 1986 PP890-903.
9. Martin, C. S. , Transformation of Pump Turbine Characteristics for Hydraulic Transients Analysis, 5th Int. Conf. on Pressure Surges, 1986.

### Abstract

#### SIMULATION STUDY PID CONTROL MODEL TO DETERMINE THE PARAMETERS OF HYDRO TURBINE GOVERNOR

*Base on conventional PID control theory in hydro-turbine governor, a mathematical model to simulate the operation of hydro-turbine governor is developed in this paper. Using this model for testing the controller of hydro-turbine Unit to optimize controlled parameters is faster and less cost than testing on real turbine. This study is applied for Ta co Hydropower project. The results of this study are in close agreement with results of testing on real turbine.*

**Keywords:** *Hydropower units; Governor; Speed of rotation; frequency grid; Hydro turbine controls;*

---

*Người phản biện:* PGS.TS. Lê Công Thành

*BBT nhận bài:* 3/4/2013

*Phản biện xong:* 14/6/2013