

## Изследване на преходните процеси в автоматична система за регулиране на двукратна водна турбина (част II)

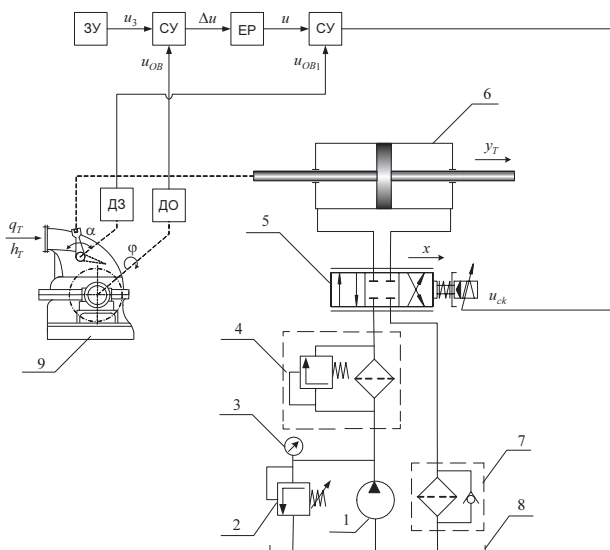
Красимир Орманджиев, Стоян Стоянов

**Study of transients processes in automatic control system for cross-flow water turbine:** The paper deals to work automatic control system for cross-flow water turbine. A non-linear mathematical model describing the operation of system in dynamical mode has been composed. An analogue model of the system with short pressure pipeline has been developed as well as the transient processes during change the operation mode of generator have been simulated. The results have been presented in graphical curve.

**Key words:** cross-flow water turbine, automatic control, transients processes, mathematical model, control system

### Моделиране и симулиране на преходните процеси в автоматичната система

Схемата на системата за управление на двукратна водна турбината е показана на фиг. 1.

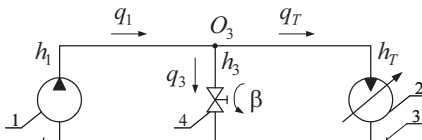


Фиг. 1. Схема на системата за управление

Тя се състои от следните елементи: 1 - зъбна помпа; 2 - предпазен клапан; 3 - манометър; 4 - филтър за високо налягане; 5 - сервоклапан; 6 - сервомотор; 7 - филтър за ниско налягане; 8 - резервоар; 9 - активна водна турбина тип Банки; ЗУ – задаващо устройство; СУ - сумиращо устройство; ЕР - електронен регулатор; ДО - датчик за честота на въртене на вала на турбината; ДЗ - датчик за завъртане на регулиращата лопатката на входа на турбината. На фиг.1 са показани и следните безизмерни величини:  $u_3$  - задаващо напрежение;  $\Delta u$  - грешка;  $u$  - постъпващо напрежение към ЕР;  $u_{ск}$  - напрежение на сервоклапана;  $x$  - преместване на плунжера на сервоклапана;  $y_T$  - преместване на буталния прът на сервомотора;

$u_{OB}$ ,  $u_{OB1}$  - напрежения на глобалната и локалната обратни връзки;  $q_T$  - преминаващ дебит през турбината;  $h_T$  - напор на входа на турбината;  $\varphi$  - ъглова скорост на вала на турбината.

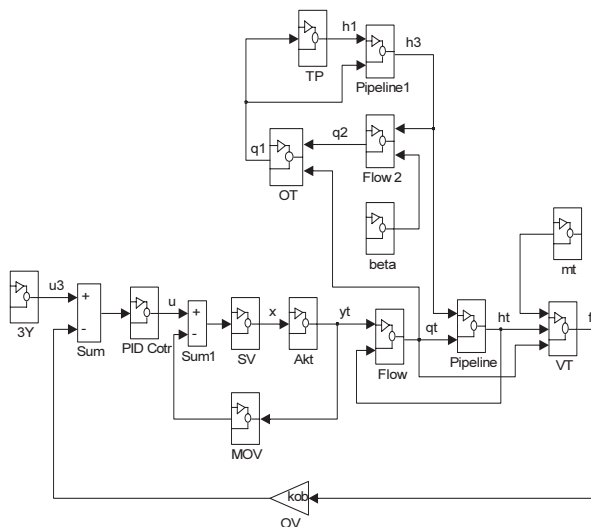
Схема на напорната система с къс напорен тръбопровод, с диаметър  $d = 200\text{mm}$  и дължина  $l = 5.2\text{m}$  и включено разклонение, е показана на фиг. 2.



Фиг. 2 Схема на напорна система с къс напорен тръбопровод и две разклонения

1 – турбопомпа; 2 – водна турбина тип Банки; 3 – резервоар; 4 – шибър;

На базата на разработения математичен модел на автоматичната лабораторна система за регулиране на двукратна водна турбина [2], със система за управление – фиг.1 и схема на напорната система – фиг. 2, е съставен съответстващ аналогов модел – фиг. 3. Преходните процеси в автоматизираната система са симулирани на *Matlab Simulink*.



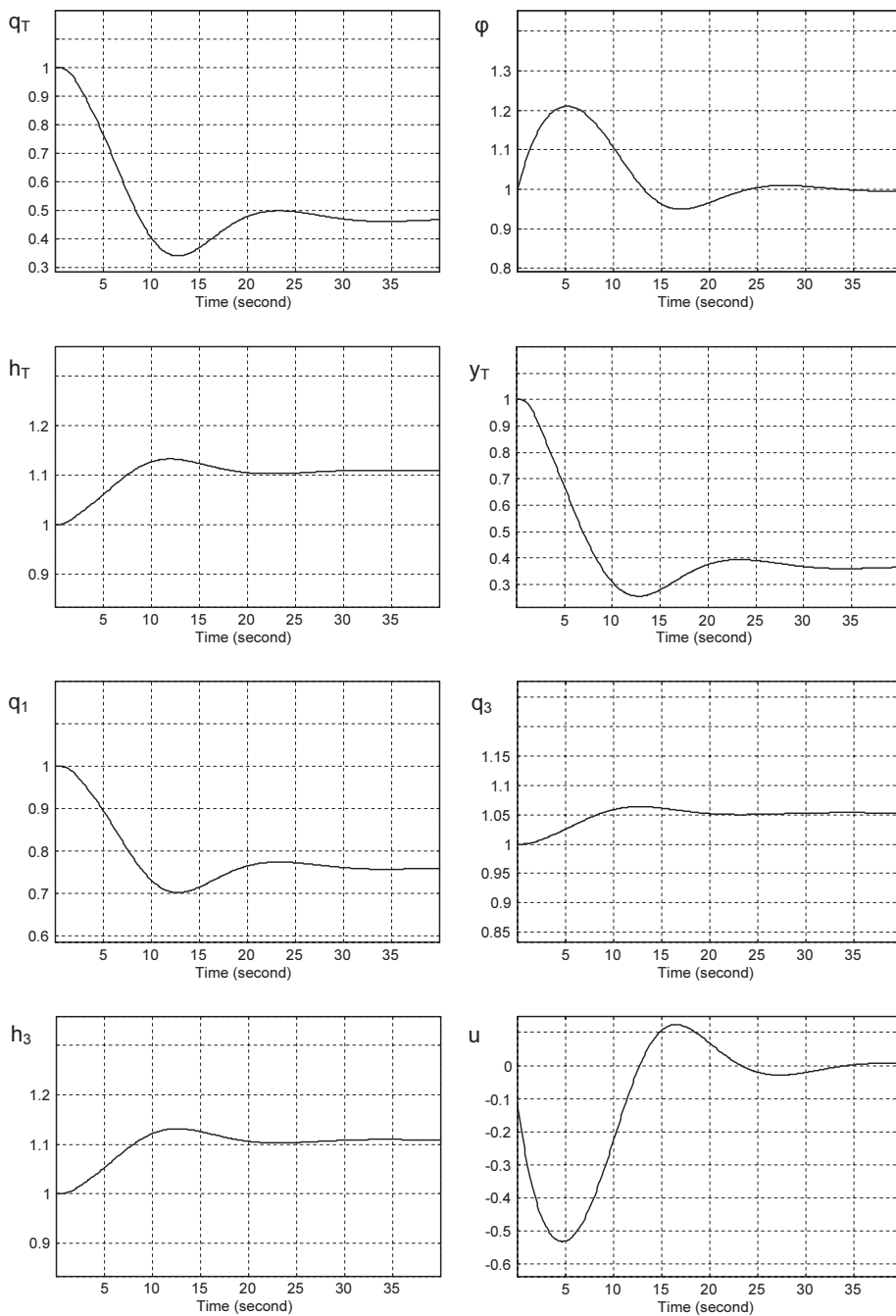
Фиг. 3 Аналогов модел на системата

На фиг. 4 са представени резултатите от симулирането на системата при степенчато намаляване на товарния момент на генератора с 80%, а на фиг. 5 – при частично притваряне на шибър 4 на разклонението (фиг. 2).

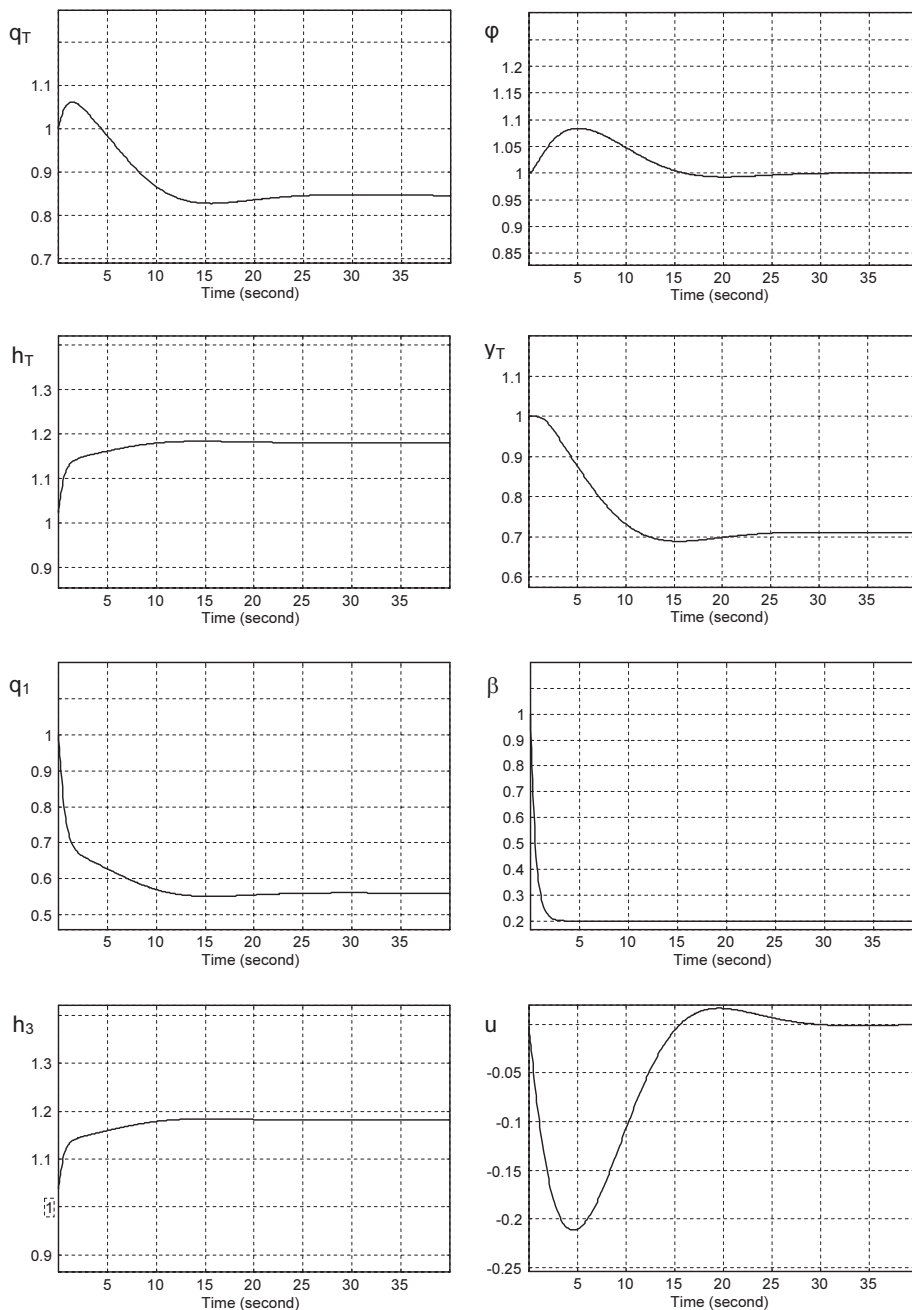
Някои от по-важните стойности на константите, при които са извършени симулациите, са представени в табл. 1.

Таблица 1

$T_i$	10.00s	$T_A$	2.00s	$k_{fb}$	2.50	$\lambda$	4.00
$T_{d.}$	0.50s	$A_1$	0.10	$k_{mf}$	0.10	$k_M$	0.30
$k$	1.00	$T_{sv}$	0.01s	$T_{L2}$	0.12s	$A_2$	0.10



Фиг.4 Преходни процеси в системата при 80% разтоварване на генератора



Фиг.5 Преходни процеси в системата при частично притваряне на шибър 4 на разклонението

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработеният математичен модел дава възможност за определяне на възникващите преходни процеси в автоматичната система за регулиране на двойнодействаща водна турбина от фиг. 1 и фиг. 2 при схема на къс напорен тръбопровод и наличие на разклонение.

За получаването на по-приемлив характер на преходните процеси в системата е необходимо да се извърши параметрична настройка на автоматичния регулатор на турбината или да се синтезира закон за управление по предварително зададен критерий за оптималност.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Орманджиев К., С. Стоянов, Експериментално определяне на дебитната характеристика на водна турбина тип Банки, сп. Топлотехника, година 4, книга 2, бр. 5, Издателство на ТУ-Варна, 2013, стр. 69-72.
- [2] Орманджиев К., С. Стоянов, Изследване на преходните процеси в автоматична система за регулиране на двукратна водна турбина – част I, Научна конференция РУ'2014, 24 – 25 октомври, 2014, (за печат).
- [3] Kishor N., R. Saini, and S. Singh, Optimal Pole Shift Control lin Application to a Hydro Power Plant, Journal Of Electrical Engineering, Vol. 56, No. 11-12, 2005, pp. 290–297.
- [4] Mansoor S., Modelling of a Multiple Pump-Storage Units to a Power System, Conference Proceeding PREP'99, Manchester, England, January 5-7, pp.412 – 415.
- [5] Nicolet C., J. Prenat, F. Avellan, A. Sapin, J. Simond, A New Tool for the Simulation of Dynamic Behaviour of Hydroelectric Power Plants, 10<sup>th</sup> International Meeting of the Work Group on the Behaviour of Hydraulic Machinery Under Steady Oscillatory Conditions, Trondheim, Norway, June 26-28, 2001.
- [6] Nielsen T., Limitation of the load regulating ability of water power plants, 10<sup>th</sup> International Meeting of the Work Group on the Behaviour of Hydraulic Machinery Under Steady Oscillatory Conditions, Trondheim, Norway, June 26-28, 2001.
- [7] Орманджиев К., P.Ivanov, Control Optimization of Parallel Working Water Turbines Fed by Means of Common Pressure Pipeline, HEFAT, Victoria Falls, 2003.
- [8] Weber H., F. Ptilwitz., M. Hladky, H. Asal, Development of reality oriented simulation models of power plants and power system for restoration studies, IFAC Symposium on Power Plants & Power System Control 2000, Brussels, Belgium, April 26-2

## За контакти:

Доц. д-р инж. Красимир Орманджиев, Катедра “Енергийна техника”, Технически университет - Габрово, e-mail: khormandzhiev@abv.bg

**Докладът е рецензиран.**