

Гольцов А.С., Силаев А.А. Моделирование адаптивной системы управления скоростью вращения вала ротора поворотной-лопастной гидротурбиной. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей IX Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2009. – С. 257-259.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА РОТОРА ПОВОРОТНО-ЛОПАСТНОЙ ГИДРОТУРБИНОЙ

А.С. Гольцов, А.А. Силаев

Волжский политехнический институт,
г. Волжский, Россия

Разработана нелинейная модель пространства состояний гидроагрегата ГЭС. Параметры модели определяются по рекуррентному алгоритму метода наименьших квадратов в процессе управления.

Goltsov A.S., Silaev A.A. Modeling of the adaptive management system of armature shaft's speed by adjustable-blade turbine.

A nonlinear model of conditions» space of generating unit is worked up. The parameters of the model are determined by recurrent algorithm of the least-squares method during the management process.

Теоретической и методологической основой предлагаемой модели адаптивной системы управления скоростью вращения валом ротора поворотной-лопастной гидротурбины является способ управления сложными нелинейными объектами с ограниченными по абсолютной величине возмущающими воздействиями, разработанный в [1]. В соответствии с этой теорией в цепь обратной связи системы управления включают обучаемую математическую модель гидротурбины, с помощью которой вычисляют оценки неконтролируемых возмущающих воздействий и параметров системы управления. Далее модель используют для формирования перенастраиваемых параметров ПИ-регулятора и коррекции комбинаторной зависимости, т.е. адаптируют под изменяющиеся внешние условия на каждом шаге управления гидротурбиной.

Обучаемую математическую модель гидротурбины представляют в виде уравнений в пространстве состояний таким образом, чтобы учесть динамику работы и конструктивные особенности гидротурбины. Одной из главных конструктивных особенностей поворотных-лопастных гидротурбин является то, что для управления скоростью вращения вала ротора при фиксированном напоре воды требуется два управляющих параметра: степень открытия лопаток направляющего аппарата и угол разворота лопастей рабочего колеса [2]. В общем виде обучаемая модель представлена следующим образом:

$$\frac{n(t)}{\partial t} = F(n(t), y(t), \varphi(t), H(t)) - Mc(t),$$
$$\varphi(t) = R(y(t), H(t)),$$

где t – момент времени; $n(t)$ – скорость вращения ротора гидротурбины; $y(t)$ – степень открытия направляющего аппарата; $\varphi(t)$ – угол разворота лопастей рабочего колеса; $H(t)$ – напор воды; $Mc(t)$ – момент сил сопротивления (определяется параметрами гидротурбины и зависит от скорости вращения ее

ротора); F – функция, устанавливающая зависимость сил вращения от переменных состояний гидротурбины; R – функция комбинаторной зависимости.

Для нахождения параметров обучаемой математической модели применяют рекуррентный алгоритм оптимального обучения, в котором минимизируют функционал обобщенной работы гидротурбины с помощью принципа максимума [3]. При этом учитывают уравнения модели гидротурбины и ограничения, предусмотренные заводскими характеристиками. Функционал представлен в виде:

$$J = \sum_{k=1}^N \left\{ \frac{(n_{np}(t) - n(t))^2}{\sigma_n^2} + \frac{(\varphi_{np}(t) - \varphi(t))^2}{\sigma_\varphi^2} + \frac{(y_{np}(t) - y(t))^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z_{np}(t) - z(t))^2}{\sigma_z^2} + \alpha \cdot \sum_{j=1}^2 \frac{w_j(t)^2}{\sigma_w^2} \right\},$$

где $n_{np}(t)$ – прогнозируемая скорость вращения ротора гидротурбины; $y_{np}(t)$ – прогнозируемая степень открытия направляющего аппарата; $\varphi_{np}(t)$ – прогнозируемый угол разворота лопастей рабочего колеса; $z(t)$ – уровень вибрации; $z_{np}(t)$ – прогнозируемый уровень вибрации; $w(t)$ – вектор возмущающих воздействий; $\sigma_n, \sigma_\varphi, \sigma_y, \sigma_z, \sigma_w$ – нормирующие множители; α – параметр регуляризации $0 < \alpha < 1$.

Для настройки параметров ПИ-регулятора используют обученную модель гидротурбины и рекуррентный алгоритм оптимального управления, в котором функционал обобщенной работы гидротурбины минимизируют с помощью принципа максимума, но уже для нахождения параметров ПИ-регулятора, с помощью которого находят оптимальные управляющие сигналы на привод лопаток направляющего аппарата. Для нахождения управляющих воздействий на привод лопастей рабочего колеса используют комбинаторную зависимость, которую уточнили в рекуррентном алгоритме оптимального обучения.

Выполнено моделирование полученной системы адаптивного управления в среде Mathcad по результатам пусков гидроагрегата №8 Волжской ГЭС.

Результаты моделирования показали, что система адаптивного управления позволяет обеспечивать оптимальное управление скоростью вращения ротора гидротурбины с требуемыми быстродействием и точностью, учесть влияние возмущающих воздействий, уменьшить уровень вибрации гидротурбины с учетом допустимых отклонений, предусмотренных заводскими характеристиками.

Библиографический список

1. Гольцов А.С. Адаптивные системы автоматического управления нелинейными объектами. – Орел : Академия ФАПСи, 2001.
2. Кривченко Г.И. Гидравлические машины: Турбины и насосы : учебник для вузов. – М. : Энергия, 1978.
3. Красовский А.А. Некоторые актуальные проблемы науки управления // Изв. РАН. Теория и системы управления. – № 6. – 1996. – С. 5 – 14.