

Теорема 3. Для любых $f(x, t) \in L_{2,1}(\Gamma_T)$, $\varphi(x) \in L_2(\Gamma)$ начально-краевая задача (1) – (3) непрерывна по исходным данным $f(x, t)$, $\varphi(x)$.

Для начально-краевой задачи (1) – (3) построена разностная схема [3] и проведен ее анализ (устойчивость, сходимость).

Список литературы

1. Балабан О.Р. Управление эволюционными процессами в сетеподобных объектах / В.В. Провоторов, В.И. Ряжских, А.В. Иванов, И.В. Приходько, О.Р. Балабан – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 104 с.

2. Провоторов В.В. Оптимизационные задачи для эволюционных систем с распределенными параметрами на графе / С.Л. Подвальный, В.В. Провоторов // В сборнике: Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2014) сборник трудов VII международной конференции – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2014. – С. 282-286.

3. Балабан О.Р. Разностная схема численного анализа динамики многофазной среды в сетеподобной гидросистеме при неизотермических условиях / Иванов А.В., Балабан О.Р. // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2016. – № 2. – С. 481–489.

УДК 681.5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПИД-РЕГУЛЯТОРА В САР УРОВНЯ ВОДЫ

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE PID-CONTROLLER PARAMETERS IN THE AUTOMATIC WATER LEVEL CONTROL SYSTEM

Баранов Александр Михайлович

студент 3 курса, БГАТУ, г. Минск, Беларусь, baranovalexand@gmail.com

Матвейчук Наталья Михайловна

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры АСУП

БГАТУ, г. Минск, Беларусь, matsveichuk@tut.by

Аннотация. В данной статье рассматривается система автоматического регулирования уровня воды с пропорционально-интегрально-дифференциальным законом управления. Сформулирована задача синтеза САР и определены оптимальные параметры ПИД – регулятора.

Abstract. The article considers automatic water level control system in the upper tank with proportional-integral-differential control law. The problem of automatic control system synthesis is formulated and the optimal parameters of the PID-controller are determined.

Ключевые слова: САР, ПИД-регулятор, уровень воды.

Keywords: automatic control system, PID-controller, water level.

Объектом управления рассматриваемой системы автоматического регулирования является резервуар с водой с заполнением сверху (рисунок 1).

Управляемая величина – уровень воды в верхнем резервуаре z . Для его измерения используется ультразвуковой датчик уровня, который преобразует значение уровня воды в электрический сигнал – напряжение U_Δ , В. Номинальное значение управляемой величины $z_0 = 1,25$ л.

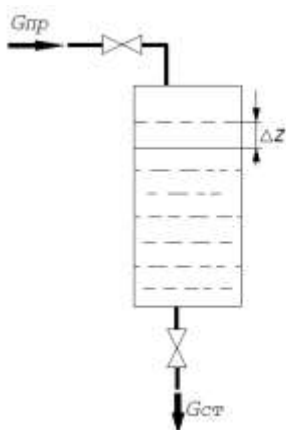


Рисунок 1 – Схематическое изображение объекта управления

Разработана математическая модель объекта управления в виде нелинейного дифференциального уравнения в отклонениях от статического режима. После проведения линеаризации получены следующие результаты:

$$\frac{dz^*}{dt} = K_p \cdot H^* - \text{линейное дифференциальное уравнение,}$$

описывающее реакцию исследуемого звена на изменение только управляющего воздействия,

$$T \frac{dz^*}{dt} + z^* = K \cdot x_2^* - \text{линейное дифференциальное уравнение,}$$

описывающее реакцию исследуемого звена на

изменение только возмущающего воздействия, где z^* - уровень воды в резервуаре, м (управляемая величина), H^* -мощность электропривода насоса, Вт (управляющее воздействие), x_2^* - степень открытия клапана на стоке, применяет значение от 0 до 1 (возмущающее воздействие), K_p , K , T – числовые параметры, знак «*» показывает отклонение от стационарного режима.

Исследования проводились с использованием лабораторной установки Festo Didactic (рисунок 2). Экспериментально определены численные значения параметров



передаточных функций объекта управления.

После подстановки получили:

$$W_u^{oo}(s) = \frac{z^*(s)}{H^*(s)} = \frac{K_p}{s} = \frac{0.011}{s},$$

$$W_F^{oo}(s) = \frac{z^*(s)}{x_2^*(s)} = \frac{K}{Ts + 1} = -\frac{0.68}{76,9s + 1}.$$

Таким образом, объект управления является интегрирующим звеном по управляющему воздействию и апериодическим звеном 1-го порядка по возмущающему воздействию.

Рисунок 2 – Экспериментальная установка

В работе сформулирована следующая задача синтеза САР уровня воды в верхнем резервуаре: определить оптимальные параметры ПИД-регулятора, удовлетворяющие следующим условиям:

- перерегулирование σ должно быть минимальным (критерий),
- время регулирования $t_{рег}$ не должно превышать 140 секунд (ограничение).

Передаточная функция ПИД-регулятора имеет вид:

$$W_{рег}(s) = K_p + \frac{1}{T_i} \cdot \frac{1}{s} + \frac{1}{T_d} \cdot s,$$

где K_p ; T_i ; T_d – числовые параметры, s – комплексная переменная.

Для определения оптимальных параметров регулятора был использован последовательный симплекс метод. Центром плана была выбрана точка $K_p = 1$; $T_i = 1$; $T_d = 1$. Шаг изменения принят равным $\Delta K_p = 0.1$, $\Delta T_i = 0.1$, $\Delta T_d = 0.1$.

Эксперимент продолжается до наступления зацикливания – опыт №11 совпадает с опытом №1 (таблица 1). Опыт №7 является оптимальным: перерегулирование в этом опыте минимальное, время регулирования не выходит за заданные пределы (140 сек).

Таблица 1. Результаты проведения эксперимента

№	K_p	T_i	T_d	$t_{рег}, c$	$\sigma, \%$
1(-)	1	1	1	127	27
2(-)	1,1	1	0,9	125	27
3(-)	1	1,1	0,9	135	28,5
4(-)	1,1	1	1	130	27,7
5	1,2	1	0,9	127	25
6(-)	1,1	1	0,8	125	28,4
7	1,3	1,6	0,8	133	24,6
8(-)	1,4	1,4	0,7	127	25,4
9(-)	1,5	1,7	0,7	105	26,9
10	1,3	1,5	0,9	137	30,8
11	1	1	1	127	27

Опытным путем получена экспериментальная переходная характеристика САР, при параметрах регулятора, соответствующих опыту №7 (рисунок 3, красная линия).

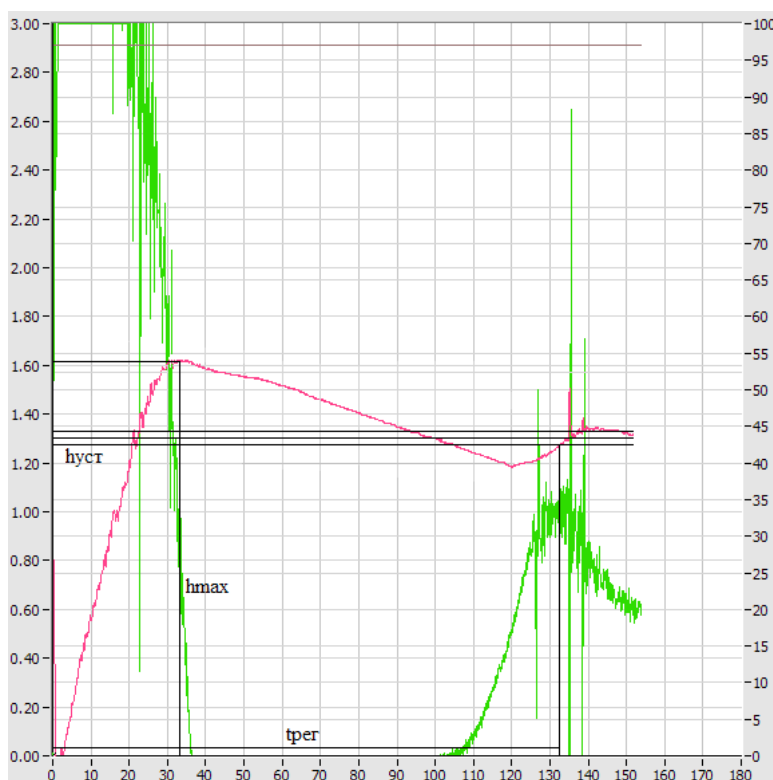


Рисунок 3 – Экспериментальная переходная функция САР при оптимальных параметрах ПИД-регулятора

Таким образом, найдены оптимальные значения параметров регулятора: $K_p=1,3$; $T_p=1,6$; $T_d=0,8$. Передаточная функция регулятора с найденными оптимальными параметрами имеет следующий вид:

$$W_{рег}(s) = 1,3 + 0,625 \cdot \frac{1}{s} + 1,25 \cdot s.$$

При этом перерегулирование минимально и равно 24,6%, время регулирования составляет 133с и не превышает заданное ограничение.

Список литературы

1. Горский В.Г. Планирование промышленных экспериментов /В.Г. Горский, Ю.П. Адлер // М.: Металлургия, 1974.-264 с.
2. Тарасов А.В. Экспериментальное определение передаточной функции объекта регулирования / А.В. Тарасов, А.А. Чепуштанов, Н.С. Горяев // Ползуновский альманах, 2011.-№1, с.116-118.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB SimPowerSystems и Simulink / И.В. Черных // М.: ДМК Пресс, 2007.- 288 с.