ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОЧНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ СТАБИЛЬНОСТИ СХЕМЫ САМОДЕЙСТВУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ НАЛАЖЕНОСТЬЮ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛКА

Сабрийев Рустем Назимович

магистрант, Крымский Инженерно-Педагогический Университет имени Февзи Якубова, РФ, г. Симферополь

APPLICATION OF THE MATHEMATICAL APPARATUS FOR THE ANALYSIS OF THE STABILITY OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE WATER SUPPLY SYSTEM OF THE VILLAGE

Rustem Sabriyev

Undergraduate, Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov, Russia, Simferopol

Аннотация. В данной статье произведен расчет и анализ на устойчивость системы автоматизации для водонапорной станции.

Abstract. In this article the calculation and analysis for the stability of the automation system for a water station.

Ключевые слова: уравнение, переменная, коэффициент, характеристика, система.

Keywords: equation, variable, coefficient, characteristic, system.

Составим структурную блок-схему системы автоматического управления для регулирования уровня воды водонапорной башни (рис.1).

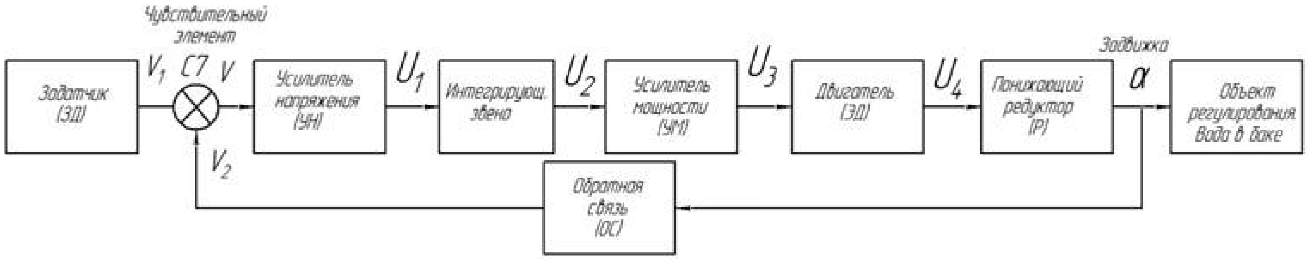

Рисунок 1. Структурная блок-схема управления уровнем воды в баке

Уравнение сравнивающего элемента, характеризующегося значениями $\nu_1 - \nu_2 = \nu$;

выразим в отклонениях через изменение напряжения $\Delta U_1 - \Delta U_\alpha$.

Передаточная функция усилителя мощности:

$$W_y(P) = \frac{k_y}{T_1 p + 1},$$

где k_y – коэффициент усиления двигателя по напряжения;

T_1 – постоянная времени усилителя, с; *р* – постоянная дифференцирования.

Передаточная функция интегрирующего звена

$$W_u(p) = \frac{k_u}{p}$$

где k_u – коэффициент передачи звена.

Предположим, что чувствительный (сравнивающий) элемент отсоединен от управляющего объекта и рассмотрим разомкнутую систему автоматического управления.

Управляющее воздействие, которое прикладывается к управляемому объекту определяется выражением

$$\varphi(t) = W_y(p) \cdot \Delta U(t)$$

где $\Delta U(t)$ – рассогласование на выходе чувствительного элемента,

$W_y(p)$ – передаточная функция управляющего устройства.

Найдем дифференциальное уравнение системы автоматического управления регулирования уровня воды водонапорной башни.

Согласно (Рис.1):

$$W_1(p) = k_y;\ W_2(p) = \frac{k_u}{p};\ W_3(p) = \frac{k_{\text{ум}}}{T_1 p + 1};\ W_{4,5}(p) = T_{\text{дв}}\frac{d\omega}{dt} + \omega;$$

Для разомкнутой системы:

$$W(p) = W_1(p)\cdot W_2(p)\cdot W_3(p)\cdot W_{4,5}(p) = \frac{k_y\cdot k_u\cdot k_{\text{ум}}\cdot T_{\text{дв}}\frac{d\omega}{dt} + \omega}{p(T_1 p + 1)}.$$

Скорость изменения угла поворота задвижки $\frac{d\varphi}{dt} = k_p\cdot\omega$, откуда $\omega = \frac{1}{k_p}\frac{d\varphi}{dt}$, и

Подставляя в уравнении передаточной функции *W(p)* имеем

$$W(p) = \frac{k_y k_{\text{д}}\cdot k_u\cdot k_{\text{ум}}\cdot T_{\text{дв}}\frac{1}{k_p}\left(\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{d\varphi}{dt}\right)\cdot T_1\left(\frac{dp}{dt} + p\right) - \tau}{p(T_1 p + 1)},$$

где $\tau = \frac{1}{RC}$ – постоянная времени интегрирующей цепи.

Равновесие системы регулирования наступит если *dp=dq*. Угол открытия задвижки φ связан с расходом потребляемой жидкости *p* соотношением $d\varphi$=*dp*. Тогда, переходя к расходу потребляемой жидкости и расходу поступающей жидкости, имеем следующее выражение:

$$\frac{60\frac{dp}{dt}[\frac{d^2p}{dt^2} + \frac{dp}{dt}(p+1) + p]\cdot(1+2t)}{p(0.02p+1)} = \frac{dp}{dt} + 0.2h;$$

В результате получим неоднородное уравнение.

Приравняв правую часть неоднородного уравнения к нулю, получаем однородное уравнение третьего порядка. Решая уравнение однородное, находим корни характеристического уравнения, приняв при этом $\frac{dp}{dt} = \propto$.

Затем, подставляя правую часть неоднородного уравнения, при необходимых начальных условиях и допущениях, решаем неоднородное уравнение и находим общее решение уравнения:

$$\propto_{2,3} = \frac{(p+1)(1+2t) \pm \sqrt{[(p+1)(1+2t)]^2 - 4(1+2t)\cdot p(1+2t)}}{2(1+2t)\cdot p(1+2t)};$$

Решаем это характеристическое уравнение второго порядка и находим корни $\propto_2$ и $\propto_3$.

$$\propto_2 = \frac{(p+1)(1+2t) + p5t + 2t}{2p + 8pt^2 + 2} = -64.8 - j345.1$$

$$\propto_3 = \frac{(p+1)(1+2t) - p5t - 2t}{2p + 8pt^2 + 2} = -64.8 + j345.1$$

Предварительно: САУ устойчиво, т.к. вещественная часть комплексно сопряженных корней отрицательна. Переходная характеристика является сходящейся, с частотой $\omega = 345.1\ ^{\text{рад}}/_{\text{с}}$.

Период колебаний $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0.018c$ с декрементом затухания

$$\Delta = e^{\delta T} = e^{64.1} = 3.21$$

Коэффициент затухания $\delta = -64.8$.

После этого подставляем начальные условия и решаем неоднородное уравнение.

I. Начальные условия: бак полный; угол φ задвижки равен нулю; реакция на звено 6 (задвижка с редуктором) отсутствует.

II. Второе начальное условие: q_{max} – расход максимальный; задвижка открыта; насос работает.

Расчет коэффициента усиления К САУ проводим для определения его значения, при котором суммарная статическая ошибка Е не будет превышать 2% при изменении задания 0.2t возмущения z=0.5.

Так как кроме коэффициента усиления на величину ошибки влияют значения управляющего и возмущающего воздействий, причем наибольшая величина E достигается при действии на систему минимального управляющего воздействия ζ и максимального возмущающего z, то при единичном коэффициенте передачи цепи обратной связи суммарная статическая ошибка может быть найдена как:

$$E_{max} = \left|\frac{\zeta_{min} - y}{\zeta_{max}}\right|,$$

где y – выходная переменная, полученная из уравнения замкнутой системы

$$q = W_{зад}(p) + W_{возм}(p),$$

$W_{зад}(p)$ – передаточная функция замкнутой системы по задающему воздействию;

$W_{возм}(p)$ – передаточная функция замкнутой системы по возмущающему воздействию.

Значение выходной переменной y определяется реакцией САУ (системы автоматического управления) на сумму управляющего и возмущающего воздействий. Поэтому:

$$y = \zeta_{min} - E_{max}\zeta_{min}$$

$$y = k_{\zeta}\zeta_{min} + k_z z_{max}$$

здесь k_{ζ}, k_z – представляют собой суммарные коэффициенты усиления соответственно задающего и возмущающего воздействия и могут быть определены из передаточных функций системы, найденных по совершаемым воздействиям.

$$k_{\zeta} = \frac{k_{\zeta}k_y k_u k_{ум}}{1 + k_{\zeta}k_y k_u k_{ум}} = \frac{4}{1+4} = 0.8;\ k_z = \frac{k_{\zeta}k_y k_u}{1 + k_{\zeta}k_y k_u} = \frac{2}{3} = 0.67.$$

Суммарная статическая ошибка:

$$\varepsilon_{max} = \left|\frac{\zeta_{max} - y}{\zeta_{min}}\right| = \left|\frac{|0.8 - y|}{0.8}\right| = \left|\frac{0.8 - \frac{0.8k}{1+8k}\zeta - \frac{0.67}{1+8k}z}{0.8}\right| = 1 - 0.021$$

$$= 0.979 = \frac{0.8k - 15}{1 + 18k}; \qquad k = 60$$

Построение статических характеристик

Построим внешние статические характеристики для замкнутой САУ в заданном диапазоне.

Для этого этого построим график функции

$$y = k_\zeta \zeta_{min} + k_z z_{max},$$

где $k_\zeta = \frac{k \cdot 0.67 \cdot 0.8}{1 + k \cdot 0.67 \cdot 0.8} = \frac{60 \cdot 0.67 \cdot 0.8}{1 + 60 \cdot 0.67 \cdot 0.8} = \frac{32.16}{33.16} = 0.97;$

$$k_z = \frac{0.67}{1 + k \cdot 0.67 \cdot 0.8} = 0.02;$$

$k_\zeta = 0.97;$ $k_z = 0.02;$ $y = 0.97\zeta_{min} + 0.02 z_{max}.$

Берем 2 значения задающего воздействия ζ из заданного диапазона. Получаем уравнение прямой значения y.

	z=0	z=1
$\zeta = 0.2$	y=0.194	y=0.214
$\zeta = 1$	y=0.97	0.972

где $\zeta = 0.2$ – при минимальном уровне воды в баке;

$\zeta = 1$ – при полном баке, заполненном водой в водонапорной башне.

Вывод. В результате было определено, что данная система устойчива. Также был проведен графический анализ по критерию Найквиста, который подтвердил результат. Применение данной системы будет предложено для использования в башенной системе водоснабжения г. Джанкой.

Список литературы:

1. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов. – Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления / Под ред. А. А. Воронова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986.

2. Иванов Е. А., Сильченкова В. В. Исследование качества и синтез линейных систем автоматического управления: Учеб. пособие по курсу «Теория автоматического управления». – М.: МИЭТ, 1982.

3. Иванов Е. А., Сильченкова В. В. Линейные системы автоматического управления: Учеб. пособие. – М.: МИЭТ, 1980.