Лабораторная работа

АНАЛИЗ ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Рассмотрим систему регулирования уровня воды в резервуаре, приведенную на рис. 94 Здесь H — регулируемый уровень воды; H_0 — заданный уровень, т. е. система регулирования работает в режиме стабилизации; S — приток воды в резервуар; $C\tau$ — расход воды из резервуара.

Регулирование уровня производится изменением притока воды в резервуар S, при этом расход $C\tau$ может рассматриваться как внешнее возмущение.

Согласно принятой терминологии, регулятор системы состоит из измерительного элемента в виде поплавкового измерителя уровня, преобразующего элемента (на схеме не показан), регулирующего устройства, с одной стороны, вырабатывающего сигнал $X = H_0 - H$, с другой стороны, формирующего сигнал $U = X + a(dX/dt)$, который подается далее на усилитель и исполнительный механизм. Таким образом, на исполнительный механизм подается сигнал, пропорциональный сумме рассогласования X и его производной dX/dt с некоторым постоянным коэффициентом передачи a, т. е. регулирующее устройство использует так называемый пропорционально-дифференцирующий (ПД) закон регулирования.

В качестве исполнительного механизма в системе используется электрический двигатель, который воздействует на регулирующий орган — клапан, изменяющий скорость притока воды в резервуар. Между S, H и $C\tau$ существует следующая зависимость: $T(dH/dt) = S - C\tau$, где T — площадь поперечного сечения резервуара.

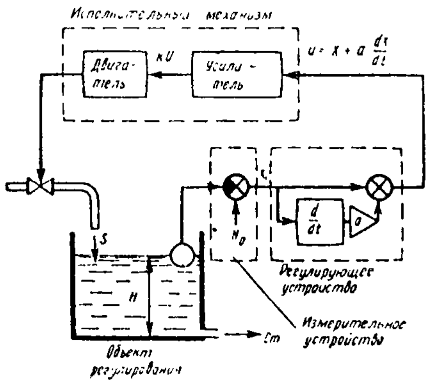

Рис 94. Схема системы автоматического регулирования уровня воды в резервуаре

Эта зависимость представляет собой математическое описание объекта регулирования. С точки зрения разбивки системы на типовые звенья объект регулирования представляет собой интегрирующее звено. Запишем остальные уравнения системы: $X = H_0 - H$ — уравнение измерительного элемента; $U = X + a(dX/dt)$ — уравнение регулятора; $dS/dt = KU$ — уравнение исполнительного механизма, где K — коэффициент усилителя.

Таким образом, *измерительный элемент представляет собой безынерционное звено, регулятор* — это параллельное *соединение безынерционного и дифференцирующего звеньев*, а *исполнительный механизм* может быть представлен как *интегрирующее звено.*

Из уравнения измерительного элемента, считая $H_0 = \text{const}$, имеем

$$dX/dt = dH/dt.$$

Подставив в уравнение объекта, получим

$$-T(dX/dt) = S - C\tau.$$

После дифференцирования, полагая $C\tau = \text{const}$, будем иметь

$$-T(d^2X/dt^2) = dS/dt.$$

Подставляя в уравнение исполнительного механизма dS/dt и используя уравнение регулятора, получим

$$-T(d^2X/dt\ ) = K(X + adX/dt)$$

или

$$T(d^2X/dt\ ) + KadX/dt + KX = 0.$$

Это и есть уравнение замкнутой системы регулирования. Как видно, оно 2-го порядка с постоянными коэффициентами.

Проведем анализ исследуемой системы регулирования на устойчивость с помощью критерия Гурвица. Характеристическое уравнение замкнутой системы имеет вид $Tp^2 + Kap + K = 0$. Для того чтобы система 2-го порядка была устойчивой, все коэффициенты уравнения должны быть больше нуля, т. е. $T > 0$; $Ka > 0$; $K > 0$. Это равносильно условиям $T > 0$; $K > 0$; $a > 0$.

Заметим, что в рассматриваемой системе это условие выполняется, так как постоянные коэффициенты имеют ясный физический смысл и не могут быть меньше нуля. Действительно, T — поперечное сечение резервуара, K — коэффициент усиления усилителя; a — коэффициент передачи дифференциатора. Таким образом, система устойчива.

Что касается анализа качества регулирования, то оно может быть оценено с помощью прямых методов, так как дифференциальное уравнение замкнутой системы имеет аналитическое решение вида

$$X = C_1 e^{-\gamma_1 t} + C_2 e^{-\gamma_2 t},$$

где C_1 и C_2 — постоянные, зависящие от начальных условий; γ_1 и γ_2 — корни характеристического уравнения, являющиеся функциями T, K и a. В зависимости от соотношений между T, K и a эти корни могут быть как действительными, так и комплексными, что, в свою очередь, влияет на характер переходного процесса в системе. Так, при ступенчатом входном воздействии в первом случае переходный процесс в системе будет апериодическим, а во втором — колебательным.

Таким образом, зная значения T, K и a, можно аналитически исследовать характер переходного процесса в замкнутой системе регулирования.