

Об эквивалентности моделей систем с широтно-импульсной модуляцией

Кузнецов В.П., Хаджинова Н.В.

кафедра СУ, кафедра ИТАС, ФИТиУ
БГУИР
Минск, РБ
khajnova@bsuir.by

Аннотация: рассматриваются замкнутые системы автоматического управления с широтно-импульсной модуляцией 1-го рода. Предложена методика сведения исходных моделей к системам в амплитудно-импульсной модуляцией 1-го род и далее к моделям непрерывных систем. Рассмотрен пример для систем первого порядка.

Ключевые слова: системы автоматического управления; широтно-импульсная модуляция.

Известно, что теория и методы расчета систем автоматического управления (САУ) с импульсной модуляцией (ИМ) более сложные, чем для непрерывных систем. Поэтому естественны попытки приведения моделей систем с ИМ к эквивалентным моделям непрерывных систем. Основой такого приведения является теорема Котельникова, справедливая для линейным систем с амплитудно-импульсной модуляцией первого рода (АИМ-1), которая связывает частоту квантования импульсного элемента (ИЭ), ширину спектра частот сигнала, поступающего на ИЭ, и ширину полосы пропускания линейной части системы.

В случае систем с более сложными типами модуляции: широтно-импульсной (ШИМ), частотно-импульсной (ЧИМ), модуляцией второго рода, а также с нелинейными видами модуляции возникают определенные трудности создания эквивалентных моделей.

Будем рассматривать замкнутую САУ, в которой сигнал ошибки $e(t)$ поступает на вход ИЭ, осуществляющего ШИМ первого рода. Далее с выхода ИЭ сигнал $e^* t$ поступает на линейную непрерывную часть системы с передаточной функцией $W(s)$. Сигнал ошибки $e(t) = v(t) - y(t)$, где $v(t)$ - входной, $y(t)$ - выходной сигналы САУ. Сигнал $e^* t$ представляет собой последовательность прямоугольных импульсов постоянного периода θ , постоянной высоты A и переменной длительности τ_n , $n = 0, 1, \dots$, где n - n -ый период следования импульсов. Закон ШИМ-1 будем полагать $\tau_n = f(e_n)$, где $f(\cdot)$ -аналитическая функция, $e_n = e(n\theta)$ и $0 \leq \tau_n \leq \theta$.

Постановка задачи. Для исходной САУ с ШИМ-1 найти эквивалентную модель системы с АИМ-1, так чтобы выходная координата $y(t)$ в обеих системах при $t = n\theta$ была идентична.

Методика решения. Обычным способом (см. статью Кузнецов В.П. «Автоматика и телемеханика» №8, 1981) находятся нелинейные разностные уравнения, описывающие динамику САУ. Для установившегося режима (y, v, e, t - постоянные величины) производится их линеаризация и получается линейная (линеаризованная) модель САУ. Далее находится эквивалентная модель системы с АИМ-1. Основное требование при этом - передаточная функция САУ с АИМ по своей структуре должна быть

идентична исходной передаточной функции $W(s)$. Более того знаменатели этих передаточных функций должны совпадать.

Пример. Пусть $W(s) = k/(Ts + 1)$. Тогда используя предлагаемую методику, получим, что в эквивалентной системе с АИМ-1 будем иметь передаточную функцию $W_1(s) = k_1/(Ts + 1)$, где $k_1 = kAk_\tau/[T(1 - d^\gamma)]$, где $\gamma = \tau/\theta$, а $k_\tau = df(e)/de$ при $e = e$ - коэффициент передачи линеаризованного ИЭ. Далее, если T много больше θ можно найти эквивалентную непрерывную модель.

Заключение. Таким образом, если исходные нелинейные уравнения системы с ШИМ-1 поддаются линеаризации (это не всегда возможно), то используя данную методику можно получать эквивалентную модель системы с АИМ-1 и далее непрерывную модель. В ряде случаев такой подход возможен и для систем с ШИМ второго рода (например, с интегральной модуляцией).