УДК 519.711

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДНО-ФАЗОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО ВРЕМЕННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Гурский А.П., студент; Цапенко Г.И., доц., к.т.н.
(Донецкий национальный технический университет
г. Донецк, Украина)

При проектировании высококачественных систем автоматического управления особое значение имеет знание дифференциальных уравнений, передаточных функций объекта управления.

Расчетное определение дифференциальных уравнений, передаточных функций или частотных характеристик сопряжено со значительными трудностями, сложностью самой системы или сложностью установления связей между входными и выходными величинами элементов системы. Предпочтительны методы экспериментального определения частотных характеристик. Более совершенен метод непосредственного определения частотных характеристик с помощью комплекса инфранизкочастотной аппаратуры. Метод не распространен из-за недостаточного количества аппаратуры.

Определение переходных функций (кривых разгона) элементов и систем не требует сложной измерительной аппаратуры, практически всегда возможно. это обстоятельство способствовало разработке методов определения дифференциальных уравнений, передаточных функций или частотных характеристик по экспериментальным переходным функциям.

В работах [1, 2] предложен метод определения передаточ-ных функций по временным характеристикам САР. Этот метод дает удовлетворительные результаты, если корни характеристического уравнения отличаются друг от друга не менее, чем в 2–3 раза. он обеспечивает невысокую точность результатов вычислений. характерно для этих методов значительная трудоемкость вычислительных работ. Графический метод построения амплитудно-фазовой характеристики (а.ф.х.), рассмотренный в [1] но обладает малой точностью.

Предлагается метод нахождения а.ф.х. по экспериментальной переходной функции на основании свойств преобразований фурье. сущность метода: строиться на графике переходная функция исследуемого объекта управления. по оси абсцисс направляется ось време ни, по оси ординат — выходная величина. ось времени разбивается на ряд равных промежутков времени τ. из точек деления восстанавливаются перпендикуляры к оси времени до точек пересечения с кривой переходной функции. Точки пересечения нужно соединить последовательно отрезками прямых. т. о. мы аппроксимируем переходную функцию кусочно-линейной функцией f(t) (см. рис.).

Кусочно-линейную функцию f(t) можно записать в виде:

$$f(t)=\alpha_n\left[t-(n-1)\tau\right]+\sum_{i=1}^{n-1}\alpha i\tau, \quad при \quad t>0$$

где n – порядковый номер интервала времени τ; n=1, 2, 3, …, q;

α_i – коэффициент наклона i-го отрезка ломаной.

Используя теорему запаздывания, функцию f(t) можно представить формулой:

$$f(t)=\alpha_1 t+\alpha_2 t\eta\cdot(t-\tau)-\alpha_1 t\eta\cdot(t-\tau)+\alpha_3 t\eta\cdot(t-2\tau)-\alpha_2 t\eta\cdot(t-2\tau)+\ldots+\alpha_q t\eta\cdot(t-(q-1)\tau)-$$
$$-\alpha_{q-1}t\eta\cdot(t-(q-1)\tau)-\alpha_q t\eta\cdot(t-q\tau),$$ $\eta(t)$ – единичная ступенчатая функция.

Находим изображение по лапласу оригинала f(t). так как $t\to\frac{1}{p^2}$; $\alpha t\to\alpha\frac{1}{p^2}$ (свойство однородности) и $\eta(t-\tau)\to e^{-\tau p}$ (теорема запаздывания), то получим (f(p) изображение функции f(t)):

$$F(p)=\frac{\alpha_1}{p^2}+\frac{\alpha_2}{p^2}e^{-\tau p}-\frac{\alpha_1}{p^2}e^{-\tau p}+\frac{\alpha_3}{p^2}e^{-2\tau p}-\frac{\alpha_2}{p^2}e^{-2\tau p}+\ldots+\frac{\alpha_q}{p^2}e^{-(q-1)\tau p}-\frac{\alpha_{q-1}}{p^2}e^{-(q-1)\tau p}-\frac{\alpha_q}{p^2}e^{-q\tau p} \quad (1)$$

Преобразуем выражение (1) к виду:

$$F(p)=\frac{1-e^{-\tau p}}{p^2}(\alpha_1+e^{-\tau p}(\alpha_2+e^{-\tau p}(\alpha_3+\ldots+e^{-\tau p}(\alpha_{q-1}+\alpha_q e^{-\tau p}) \qquad (2)$$

Выражение (2) представляет собой изображение по лапласу приближенной кривой разгона при единичном скачкообразном входном воздействии $x_{вх}(t)=1(t)$.

$F(p)\approx x_{вых}(p)$. если $x_{вх}(\tau)=1(\tau)$, то $x_{вх}(p)=\frac{1}{p}$.

Передаточная функция объекта управления - отношение лапласовых изображений выходной и входной величин при нулевых начальных условиях. поэтому можем
записать выражение для передаточной функции:

$$W(p)=\frac{F(p)}{x_{вх}(p)} \tag{3}$$

С учетом (2) выражение (3) запишем в таком виде:

$$W(p)=\frac{1-e^{-\tau p}}{p}(\alpha_1+e^{-\tau p}(\alpha_2+e^{-\tau p}(\alpha_3+...+e^{-\tau p}(\alpha_{q-1}+\alpha_q e^{-\tau p}) \tag{4}$$

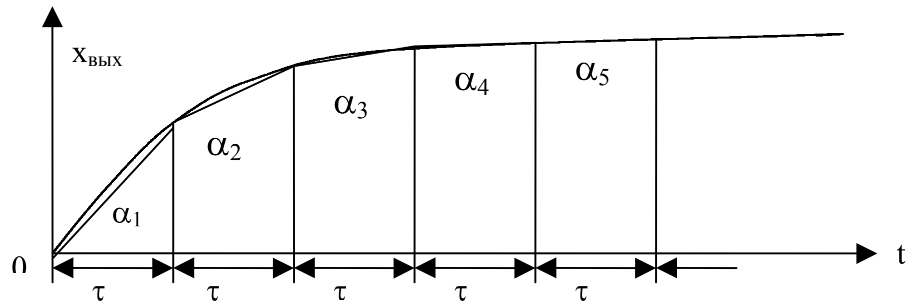

Рисунок. Аппроксимация временной характеристики кусочно-линейной функцией.

Для построения а.ф.х. необходимо представить в (4) в виде преобразования фурье, построить годограф вектора комплексного коэффициента усиления в комплексной плоскости w(jω) при изменении частоты ω от нуля до ∞. выражение, используемое для построения а.ф.х. (согласно (4)), имеет вид:

$$W(j\omega)=\frac{1-e^{-\tau j\omega}}{j\omega}(\alpha_1+e^{-\tau j\omega}(\alpha_2+e^{-\tau j\omega}(\alpha_3+...+e^{-\tau j\omega}(\alpha_{q-1}+\alpha_q e^{-\tau j\omega}).$$

Это выражение записано в виде алгоритма для вычисления численных значений параметров а.ф.х. достоинство метода – небольшой объем вычислений. функция $e^{-j\omega\tau}$ вычисляется только один раз. Дальнейшие операции сводятся к суммированию. точность вычислений может быть повышена увеличением числа отрезков аппроксимирующей ломаной линии. далее по полученной а.ф.х. можно рассчитать параметры регулятора системы согласно алгоритму указанному в [2].

Перечень ссылок

1.Дудников Е.Г. Основы автоматического регулирования тепловых процессов. Госэнергоиздат, м.,1956. – 450с.

2.Стефани Е.П. Основы расчета настройки регуляторов теплоэнергетических процессов. «Энергия», м.,1972. – 376с.