

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПСЕВДОЛИНЕЙНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С РАЗДЕЛЬНЫМИ КАНАЛАМИ ДЛЯ АМПЛИТУДЫ И ФАЗЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ УПРАВЛЕНИИ

Ли Чжэньбэй¹, Скороспешкин М.В.²

¹Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ТМ21 e-mail: chzhenbey1@tpu.ru

²Томский политехнический университет, ИШИТР, Доцент, e-mail: smax@tpu.ru

Введение

В настоящее время в большинстве автоматических систем управления используют ПИД-регуляторы. Однако существуют системы, где параметры меняются со временем, и для них можно использовать ПИД-регуляторы, которые могут подстраивать свои параметры в процессе работы. Использование такого подхода требует значительного времени на подстройку, что может затруднить реализацию таких систем.

Другой подход заключается в использовании корректирующих устройств (КУ), которые способствуют улучшению качества управления нестационарными объектами и обеспечению необходимой степени устойчивости в соответствии с требованиями системы. Среди них псевдолинейное корректирующее устройство способно адаптивно увеличивать амплитудный и фазовый запас системы. В данной работе рассматривается использование устройства, которое применяет билинейное преобразование для реализации псевдолинейного корректирующего устройства в пакете CoDeSys 2.3.

Теория псевдолинейного корректирующего устройства

Псевдолинейное корректирующее устройство с отдельными каналами для амплитуды и фазы позволяет получить различные амплитудно-фазовые соотношения, т.е. относительно независимо формировать амплитудную и фазовую характеристики нелинейного фильтра, и эти характеристики не зависят от амплитуды входного сигнала [1]. Структурная схема данного корректирующего устройства показана на рис. 1. Амплитудный канал состоит из линейного элемента с передаточной функцией и блок выделения модуля. Фильтр $W_A(s)$ создает амплитудное ослабление.

$$W_A(s) = \frac{1}{T_1s + 1}. \quad (1)$$

Фазовый канал состоит из линейного элемента с передаточной функцией и блок определения знака.

$$W_\phi(s) = \frac{Ts + 1}{T_2s + 1}, \quad T > T_2. \quad (2)$$

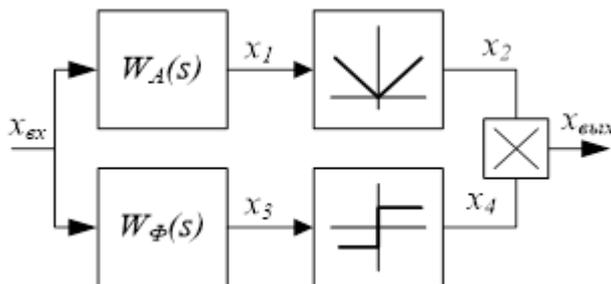


Рис. 1. Структурная схема корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы

Приняв $T_1 = 0.2$ с, $T_2 = 1$ с, $K = 1$, построим АЧХ и ФЧХ данного корректирующего устройства в зависимости от T , которые показаны на рис. 2. Кривые 1, 2, 3, 4, 5 соответствуют значениям T равным 0.5, 1, 2, 3 и 5 с.

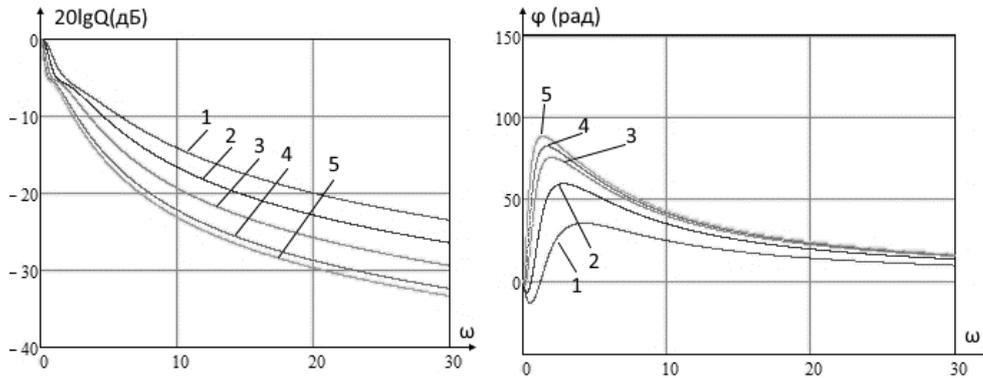


Рис. 2. АФЧХ двухканального корректирующего устройства при различных значениях T и фиксированных значениях $T_1 = 1$ с, $T_2 = 0.2$ с

Из рис. 2 видно, что при изменении значения T , фазовое опережение, вносимое корректирующим устройством, меняется, а амплитудное ослабление оказывается незначительным.

Программная реализация псевдолинейного корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы

С помощью билинейного преобразования можно получить дискретную передаточную функцию системы, которая описывает ее поведение в дискретном времени. Дискретная передаточная функция может быть использована для получения разностного уравнения, описывающего поведение системы в дискретном времени.

Преобразование имеет следующий вид:

$$s \Leftrightarrow \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}, \quad (3)$$

где « Δt » период дискретизации сигнала.

Фильтр псевдолинейного корректирующего устройства для фазы описывается переходной функцией (2). Подставив данное преобразование в вышеуказанную переходную функцию, можем собрать полином, содержащий отрицательные степени переменной:

$$W(z) = \frac{1 + T \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}}{1 + \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}} = \frac{Y(z)}{X(z)}. \quad (4)$$

После этого производится умножение числителя и знаменателя между собой:

$$\left(\frac{\Delta t + 2}{\Delta t} \right) \cdot Y(z) + \left(\frac{\Delta t - 2}{\Delta t} \right) \cdot Y(z) \cdot z^{-1} = \left(\frac{\Delta t + T \cdot 2}{\Delta t} \right) \cdot X(z) + \left(\frac{\Delta t - T \cdot 2}{\Delta t} \right) \cdot X(z) \cdot z^{-1} \quad (5)$$

В преобразовании, « z^{-1} » представляет задержку на один отсчет в дискретном временном домене ($t - \Delta t$). Если входной сигнал $X(z)$ задерживается на один отсчет, то его преобразование $X(z)$ будет умножено на « z^{-1} ».

В результате изложенного получена модель временной области данного выражения:

$$Y(t) = \frac{(\Delta t + T \cdot 2)}{(\Delta t + 2)} \cdot X(t) + \frac{(\Delta t - T \cdot 2)}{(\Delta t + 2)} \cdot X(t - \Delta t) - \frac{\Delta t - 2}{(\Delta t + 2)} \cdot Y(t - \Delta t) \quad (5)$$

Уравнение (5) показывает текущее значение выходного сигнала Y , выраженное через текущие и прошлые значения входного сигнала X , $X1$ и прошлые значения выходного сигнала $Y1$.

$$Y = \frac{(\Delta t + T \cdot 2)}{(\Delta t + 2)} \cdot X + \frac{(\Delta t - T \cdot 2)}{(\Delta t + 2)} \cdot X1 - \frac{\Delta t - 2}{(\Delta t + 2)} \cdot Y1 \quad (6)$$

Фильтр псевдолинейного корректирующего устройства для амплитуды описывается переходной функцией (1). С использованием того же метода можно получить следующее разностное уравнение:

$$Y = \left(\frac{2 \cdot T - \Delta t}{2 \cdot T + \Delta t} \right) \cdot Y1 + \frac{\Delta t}{2 \cdot T + \Delta t} (X + X1) \quad (7)$$

В начальной итерации значения переменных «Y1» и «X1» равны нулю, а затем на каждой последующей итерации они принимают значения переменных «Y» и «X» соответственно.

Согласно формуле 7, реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением приведена на рис. 3.

```

0001 FUNCTION_BLOCK phase
0002 VAR_INPUT
0003   X: REAL; T: REAL; tt: REAL;
0004 END_VAR
0005 VAR_OUTPUT
0006   Y: REAL;
0007 END_VAR
0008 VAR
0009   Y1: REAL;
0010   X1: REAL;
0011 END_VAR
0012
0001 Y := -(tt-2)*Y1/(tt+2)+X*(tt+T*2)/(tt+2)+X1*(tt-T*2)/(tt+2);
0002 X1:=X;
0003 Y1:=Y;

```

Рис. 3. Реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства для фазы на языке ST

Данный код на языке ST представляет собой функциональный блок с именем phase, который имеет три входных параметра: X (Входной сигнал), T (Коэффициент постоянной времени ПКУ) и tt (период дискретизации сигнала). Также он имеет один выходной параметр Y (Выходной сигнал).

Согласно формуле 8, реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением приведена на рис. 4.

```

0001 FUNCTION_BLOCK amplitude
0002 VAR_INPUT
0003   X: REAL;
0004   T: REAL;
0005   tt: REAL;
0006 END_VAR
0007 VAR_OUTPUT
0008   Y: REAL;
0009 END_VAR
0010 VAR
0011   Y1: REAL;
0012   X1: REAL;
0013 END_VAR
0014
0001 Y:=Y1*(2*T-tt)/(2*T+tt)+(X+X1)*tt/(2*T+tt);
0002 X1:=X;
0003 Y1:=Y;

```

Рис. 4. Реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением на языке ST

Данный код на языке ST представляет собой функциональный блок с именем amplitude, который имеет три входных параметра: X (Входной сигнал), T (Коэффициент постоянной времени ПКУ) и tt (период дискретизации сигнала). Также он имеет один выходной параметр Y (Выходной сигнал).

Программная реализация псевдолинейного корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы

В соответствии со структурой, приведенной на рис. 1, можно построить функциональный блок псевдолинейного корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы на языке FBD, показанной на рис. 5.

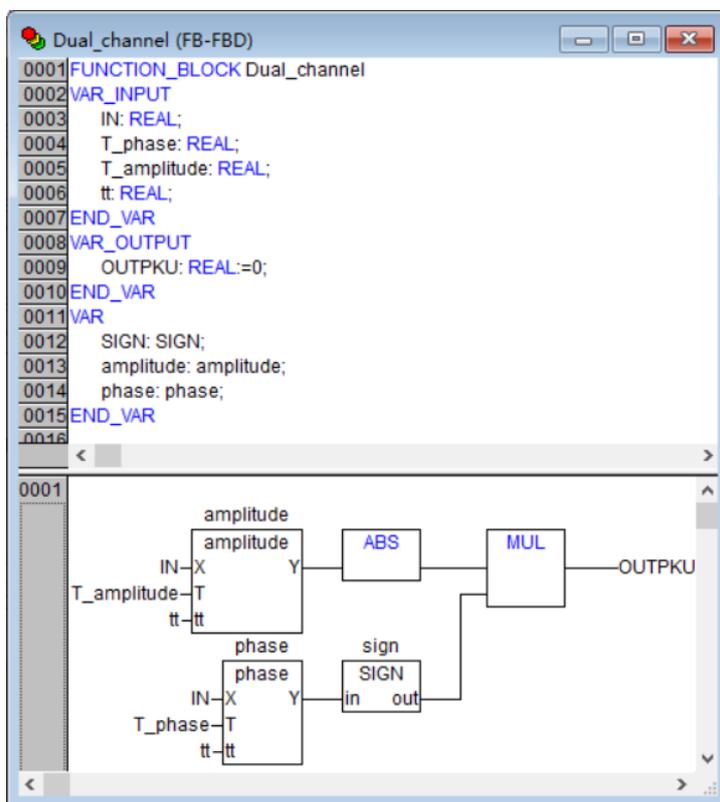


Рис. 5. Реализация псевдолинейного корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы на языке FBD

Заключение

В рамках этой работы рассмотрена реализация псевдолинейного корректирующего устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы в промышленных системах управления. Программная реализация данного устройства на платформе CoDeSys 2.3 показала, что оно может быть легко интегрировано в существующие системы управления. Использование как стандартных, так и пользовательских функциональных блоков на языках FBD и ST обеспечивает гибкость и простоту в настройке и эксплуатации.

Этот подход к управлению нестационарными объектами имеет большой потенциал в промышленности, и его дальнейшее развитие и исследования могут привести к созданию более эффективных и устойчивых систем управления.

Список использованных источников

1. Топчиев Ю.И. Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления – М. : Машиностроение, 1971. – 466 с.