

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПСЕВДОЛИНЕЙНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С АМПЛИТУДНЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ В ПРОМЫШЛЕННОМ УПРАВЛЕНИИ

Ли Чжэньбэй.¹, Скороспешкин М.В.²

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

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

Аннотация

Рассматривается подход к повышению качества управления нестационарным объектом путем включения в систему автоматического регулирования псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением. Псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением позволяет получить ослабление амплитуды с ростом частоты без изменения фазы. Корректирующему устройству можно придать свойство адаптивности – меняя параметры настройки корректирующего устройства, можно повысить качество управления нестационарным объектом в режиме реального времени. Показан пример программной реализации псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением в виде функционального блока на языке FBD на платформе CoDeSys 2.3.

Ключевые слова: псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением, нестационарный объект управления, качество регулирования

Введение

В современных автоматических системах управления широко применяются ПИД-регуляторы. Однако существуют системы, в которых параметры меняются со временем, и для этих систем можно использовать ПИД-регуляторы, способные подстраивать свои параметры в процессе работы. Однако использование такого подхода требует значительного времени на подстройку, что может затруднить реализацию таких систем.

В качестве альтернативного подхода можно использовать корректирующие устройства (КУ), которые способствуют улучшению качества управления нестационарными объектами и обеспечению необходимой степени устойчивости согласно требованиям системы. Одним из таких устройств является псевдолинейное корректирующее устройство, которое адаптивно увеличивает амплитудный и фазовый запас системы. В данной работе рассматривается использование устройства, основанного на билинейном преобразовании, для реализации псевдолинейного корректирующего устройства в пакете CoDeSys 2.3.

Теория псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением

Псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением позволяет получить ослабление амплитуды с ростом частоты без изменения фазы. На рисунке 1 показана структурная данного типа корректирующего устройства [1].

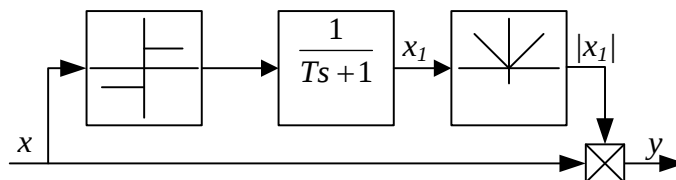


Рис. 1. Псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением

Входной сигнал, разветвляясь, проходит по двум каналам. Верхняя ветвь фильтра состоит из блока сигнатуры, фильтра низких частот, блока взятия модуля, по нижней ветви входной сигнал следует без изменения. Сигнал на выходе фильтра получается, как произведение входных сигналов обеих ветвей [2]:

$$y = |x_1| x \quad (1)$$

Причем x_1 определяется уравнением

$$Tx_1' + x_1 = \text{sign } x \quad (2)$$

Предполагая, что на входе фильтра действует синусоидальный сигнал, получим решение

$$x_1 = x_0 e^{-\frac{t}{T}} \pm (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (3)$$

где $x_0 = \mp \frac{1 - e^{-\frac{\pi}{\omega T}}}{1 - e^{-\frac{\pi}{\omega T}}}$.

Коэффициенты гармонической линеаризации нелинейного фильтра:

$$a = \frac{2}{\pi A} \int_0^{\pi} (|x_1| A \sin \omega t) \sin \omega t d(\omega t);$$

$$b = \frac{2}{\pi A} \int_0^{\pi} (|x_1| A \sin \omega t) \cos \omega t d(\omega t). \quad (4)$$

Коэффициенты гармонической линеаризации a и b зависят только от частоты поэтому амплитудная и фазовая характеристики рассматриваемого нелинейного фильтра, также зависят только от частоты и не зависят от амплитуды входного сигнала [3].

На рисунке 2 приведены графики АЧХ и ФЧХ данного корректирующего устройства. Кривые 1, 2 и 3 соответствуют значениям T , равным 1, 5 и 10 с.

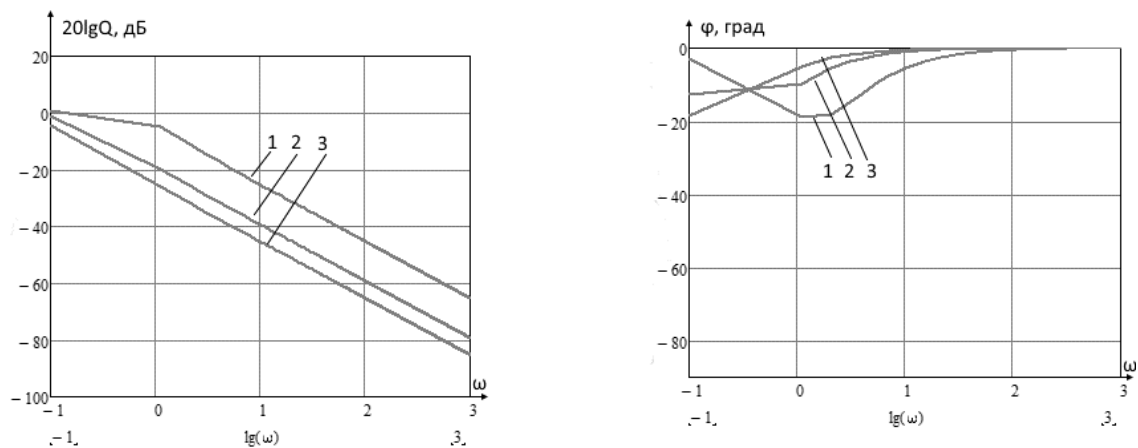


Рис. 2. АЧХ и ФЧХ корректирующего устройства с амплитудным подавлением

Из рисунка 2 видно, что чем больше T , тем сильнее подавление амплитуды, а фазовый сдвиг, внесен данным корректором, не ниже -20 град.

Программная реализация псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением

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:

$$s \Leftrightarrow \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \quad (5)$$

Где « Δt » период дискретизации сигнала.

Фильтр псевдолинейного корректирующего устройства для амплитуды описывается переходной функцией $W_A = \frac{1}{Ts + 1}$. Подставив данное преобразование в вышеуказанную переходную функцию, можем собрать полином, содержащий отрицательные степени переменной:

$$W(z) = \frac{1}{1 + T \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}} = \frac{Y(z)}{X(z)} \quad (6)$$

После этого производится умножение числителя и знаменателя между собой:

$$\left(1 + T \cdot \frac{2}{\Delta t}\right) \cdot Y(z) - \left(T \cdot \frac{2}{\Delta t} - 1\right) \cdot Y(z) \cdot z^{-1} = X(z) + X(z) \cdot z^{-1} \quad (7)$$

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:

$$Y(t) = \frac{X(t) + X(t - \Delta t) + \left(T \cdot \frac{2}{\Delta t} - 1\right) \cdot Y(t - \Delta t)}{\left(1 + T \cdot \frac{2}{\Delta t}\right)} \quad (8)$$

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

$$Y = \left(\frac{2 \cdot T - \Delta t}{2 \cdot T + \Delta t}\right) \cdot Y1 + \frac{\Delta t}{2 \cdot T + \Delta t} (X + X1) \quad (9)$$

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 (9), реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением приведена на рисунке 3.

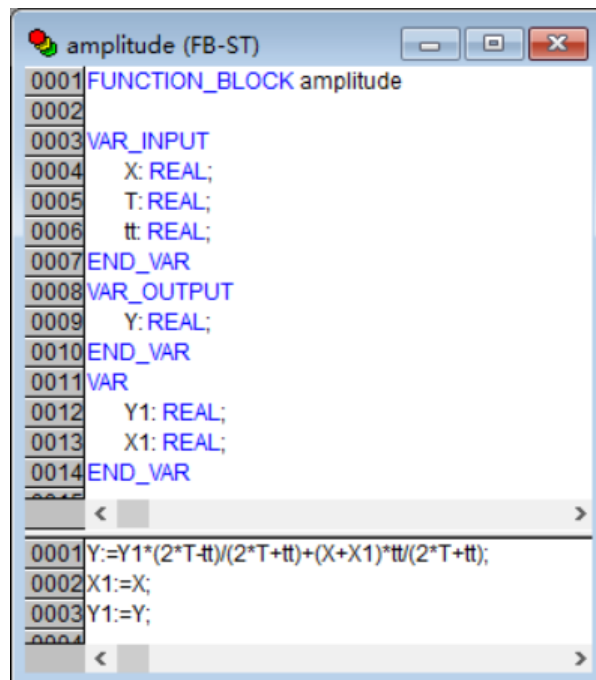


Рис. 3. Реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства для амплитуды подавлением на языке ST

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 амплитудным подавлением

В соответствии со структурой, приведенной на рисунке 1, можно построить функциональный блок псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением на языке FBD, показанной на рисунке 4.

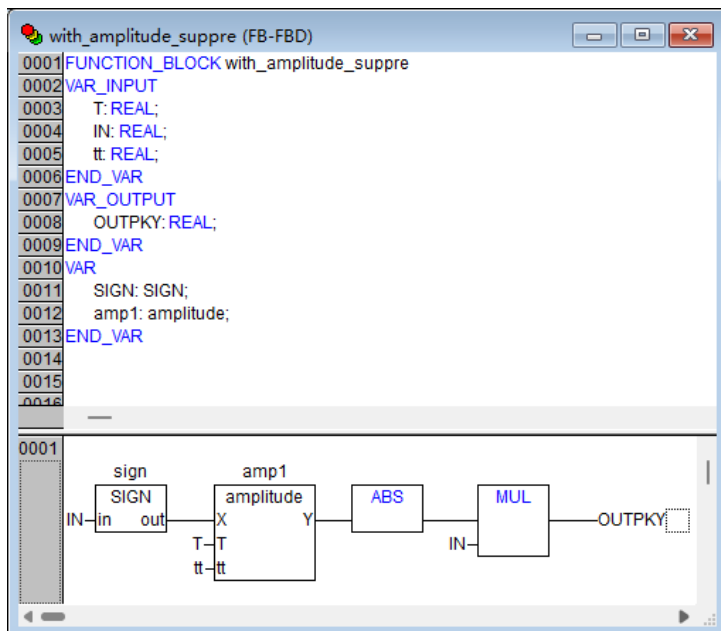


Рис. 4. Реализация псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением на языке FBD

Заключение

В данной работе была рассмотрена реализация псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением в промышленных системах управления. Программная реализация этого 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. Внедрение псевдолинейного корректирующего устройства позволяет достичь повышенной точности и стабильности управления в условиях изменяющихся параметров объектов.

Список использованных источников

1. Топчиев Ю.И. Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1971. – 466 с.
2. Скороспешкин М.В. Адаптивное двухканальное корректирующее устройство для систем автоматического регулирования // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 5. – С. 52-57.
3. Скороспешкин М.В., Скороспешкин В.Н. Адаптивная система автоматического регулирования с подстройкой корректирующего устройства // Проблемы информатики. – 2012. – № 5. – С. 166-171.