

КОРРЕКТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИМИ СИГНАЛАМИ

Булавко Е.С.

Научный руководитель: Скороспешкин В.Н., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
e-mail: elena-bulavko@rambler.ru

Введение

Важное значение для улучшения качества систем автоматического регулирования (САР) является обеспечение необходимого запаса устойчивости и быстродействия. Поэтому при проектировании САР, удовлетворяющей требованиям по точности и качеству, большое внимание уделяется выбору корректирующих устройств (КУ).

Различают следующие разновидности корректирующих устройств:

- линейные КУ;
- нелинейные КУ;
- псевдолинейные КУ.

Среди линейных КУ наибольшее применение получили пропорционально-дифференцирующее, пропорционально-интегрирующее и пропорционально-интегро-дифференцирующее [1].

Линейные корректирующие устройства имеют ограниченные возможности в получении высоких показателей качества САР. Так как АЧХ и ФЧХ являются одновременно зависимыми от параметров КУ. Реализуя с помощью КУ требуемую АЧХ САР можно получить нежелательную ФЧХ и наоборот. В виду этого в САР в настоящее время широко применяются нелинейные КУ.

Нелинейные КУ позволяют в нестационарных системах получать практически постоянные запасы устойчивости и показатели качества вне зависимости от изменения параметров объекта. К таким устройствам относят нелинейные четырехполосники последовательного и параллельного действия, нелинейные законы управления, нелинейные КУ с неизменяемой частью системы и переключающие КУ [2].

Для анализа и синтеза нелинейных систем широко применяются частотные методы. При таком подходе, из большинства нелинейных устройств пригодных для коррекции, выбираются устройства, амплитудно-фазовые характеристики которых не зависят от амплитуды входного сигнала. Такие устройства называются псевдолинейными корректирующими устройствами (ПКУ).

Наиболее широкое распространение нашли следующие ПКУ [2]:

- ПКУ с амплитудным подавлением;
- ПКУ с фазовым опережением;
- ПКУ с отдельными каналами для амплитуды и фазы.

Псевдолинейные корректирующие устройства

ПКУ с амплитудным подавлением представляет собой комбинацию последовательно соединенных блоков низкочастотного фильтра, арифметических блоков умножения, модуля, взятая функции $\text{sign } x$ (рисунок 1).

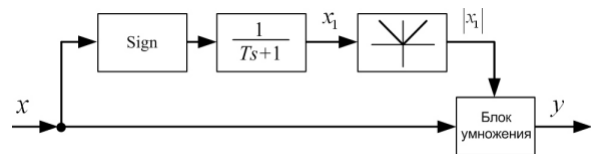


Рис.1 Структурная схема ПКУ с амплитудным подавлением

Нелинейный фильтр позволяет получить ослабление амплитуды с ростом частоты без изменения фазы. Чем больше постоянная времени T , тем сильнее происходит подавление амплитуды, но при этом фазовый сдвиг, внесенный корректором, увеличивается.

Структурная схема псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением приведена на рисунке 2.

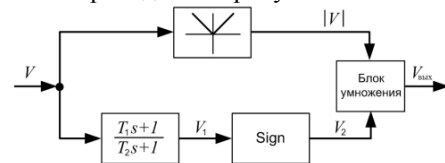


Рис.2 Структурная схема ПКУ с фазовым опережением

ПКУ с фазовым опережением вносит положительный фазовый сдвиг, величина которого зависит от значения постоянных времени T_1 и T_2 .

Структурная схема ПКУ с отдельными каналами для амплитуды и фазы представлена на рисунке 3.

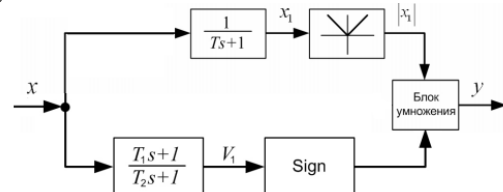


Рис.3 – Структурная схема ПКУ с отдельными каналами для амплитуды и фазы

Входной сигнал разветвляется и проходит по двум каналам. Верхний канал – амплитудный, служит для формирования необходимой АЧХ, нижний канал – ФЧХ.

Нелинейные корректирующие устройства с переключающими сигналами

Одной из наиболее простых схем для решения задачи уменьшения инерционности систем является схема, представленная на рисунке 4.

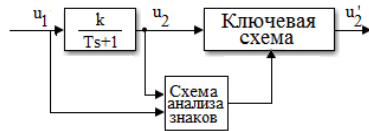


Рис.4 – Нелинейное корректирующее устройство

Схема работает следующим образом. Сигнал с входа и выхода звена поступают на схему сравнения знаков. При нарушении условий устойчивости в системе возникают колебания. Выходной сигнал u_2' в некоторые промежутки времени, определяемые постоянной времени звена, будет при этом иметь знак противоположный знаку входного сигнала u_1 . На этих интервалах времени схема анализаторов знаков вырабатывает управляющий сигнал для ключевой схемы, которая отключает сигналы с выхода инерционного звена. Особенностью такого КУ является то, что корректирующий сигнал вводится только при возникновении колебаний. При отсутствии колебаний звено ведет себя как обычное линейное звено. Таким образом, интервалы времени, на которых выходной и входной сигнал не совпадает по направлению, выходные цепи звена закорачиваются или разрываются[3].

Реакция НКУ на синусоидальный входной сигнал приведена на рисунке 5.

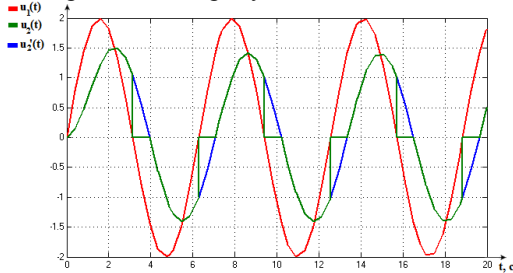


Рис.5 – Реакция НКУ на синусоидальный входной сигнал

Оценить влияние КУ можно по изменению эквивалентной передаточной функции, полученной методом гармонической линеаризации. Анализ показал, что звено вносит подавление амплитуды, но при этом отрицательный фазовый сдвиг до -60° [3].

Сравнение переходных процессов в САР с различными КУ

Для сравнения переходных процессов в САР с ПИД-регулятором, последовательно соединенным с КУ, выбран объект управления второго порядка. В качестве КУ исследовались ПКУ с амплитудным подавлением и КУ с переключающими сигналами.

Параметры объекта управления равны $K=15$, $T_1=10$, $T_2=2$, коэффициенты регулятора равны

$K_p=0.2$, $T_i=0.03$, $T_d=0.12$. Переходные процессы в САР с различными КУ приведены на рисунке 6. Кривая 4 соответствует переходному процессу без применения КУ до изменения постоянной времени T_2 ОУ со значения 8 до значения 2. Кривые 1,2,3 – соответствуют процессам после изменения постоянной времени T_2 ОУ со значения 8 до значения 2. Кривая 1 – соответствует переходному процессу с ПКУ с амплитудным подавлением при $T=60$ с, кривая 2 – с КУ с переключающими каналами при $T=12$ с и $k=0.15$, кривая 3 – без применения КУ.

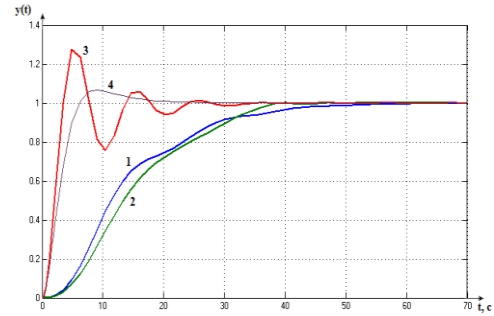


Рис.6 – Переходные процессы в САР

Результаты исследований показали, что применение данных корректирующих устройств в составе САР позволяют уменьшить колебательность, тем самым увеличивая запас устойчивости САР.

Наилучший результат при этом достигается при использовании КУ с переключающими каналами ($t_{\text{ин}}=34$ с, для ПКУ $t_{\text{ин}}=44$ с).

Заключение

Исследования показали, что входящее в состав регулятора корректирующее устройство с переключающими каналами позволяет обеспечить хорошее качество регулирования.

Недостатком использования такого корректирующего устройства является уменьшение запасов устойчивости по фазе, так как данное устройство вносит отрицательный фазовый сдвиг.

При этом использование псевдолинейного корректирующего устройства имеет обратный результат: уменьшение быстродействия, но увеличение запаса устойчивости.

Данные исследования произведены с целью разработки адаптивной системы автоматического регулирования, в которой в зависимости от текущего состояния системы производится выбор и использование наиболее эффективного КУ.

Список использованных источников:

1. Теория автоматического управления [Электронный ресурс]://Твоя книжная полка URL: // <http://www.krivda.net>
2. Топчиев Ю.И., Нелинейные системы автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1971. – 470с.

3. Хлыпало Е.И., Нелинейные
корректирующие устройства в автоматических
системах, 1973. – 344с.