

УДК 681.513.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ РАДИОАВТОМАТИКИ

Е.А. ЦЫГАНКОВА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Беларусь)

E-mail: eaczygankova@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены методы синтеза структурных схем следящих систем и способы коррекции их динамических характеристик. Проанализированы последовательные и параллельные корректирующие устройства, а также их влияние на точность, устойчивость и робастность системы. Показана эффективность комбинированного применения методов.
Abstract. The paper considers methods of structural synthesis of tracking systems and approaches to correcting their dynamic characteristics. Series and parallel compensators are analyzed along with their influence on system accuracy, stability and robustness. The effectiveness of a combined approach is demonstrated.

Введение

Следящие системы широко применяются в радиоэлектронных устройствах для автоматического сопровождения целей и стабилизации параметров. Современные требования к точности и быстродействию делают необходимым применение методов структурного синтеза, обеспечивающих заданные характеристики системы уже на этапе проектирования [1].

Основной задачей является формирование такой структуры системы, которая обеспечивает устойчивость, малую ошибку слежения и достаточный запас по фазе и амплитуде при воздействии внешних возмущений.

Теоретические основы синтеза

Следящая система представляет собой замкнутый контур управления с отрицательной обратной связью. Обобщённая структурная схема такой системы представлена на рис. 1.

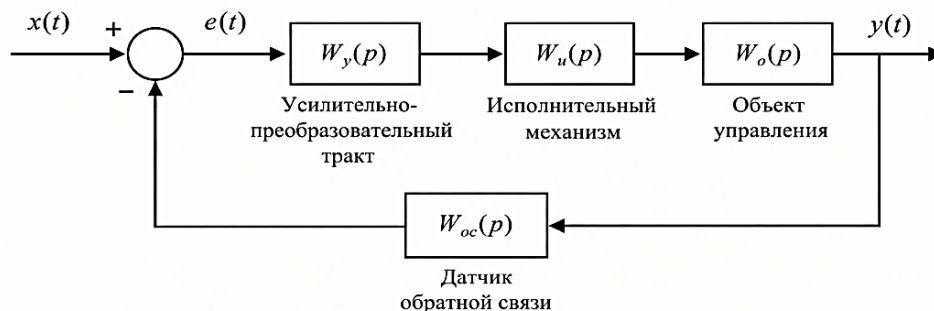


Рис. 1. Структурная схема следящей системы с отрицательной обратной связью

Представленная на рис. 1 структура отражает принцип построения следящей системы с отрицательной обратной связью, обеспечивающей формирование сигнала ошибки и его последующую компенсацию в процессе управления.

Функционально система включает задающее устройство, формирующее входной сигнал $x(t)$, устройство сравнения, формирующее ошибку $e(t)$, усилительно-преобразовательный тракт, исполнительный механизм и датчик обратной связи, формирующий выходной сигнал $y(t)$.

Передаточная функция замкнутой системы определяется выражением:

$$\Phi(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_p(p)} \quad (1)$$

где $W(p)$ — передаточная функция разомкнутого контура.

Синтез системы основан на формировании желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ), которая определяет быстродействие и устойчивость системы. Основными параметрами являются порядок астатизма, частота среза и наклон характеристики в области средних частот [2].

Методы коррекции

Для приведения характеристик системы к заданным используются корректирующие устройства, передаточная функция которых определяется как:

$$W_k(p) = \frac{W_{\text{ж}}(p)}{W_{\text{н}}(p)} \quad (2)$$

где $W_{\text{ж}}(p)$ — желаемая, $W_{\text{н}}(p)$ — исходная передаточные функции.

Последовательная коррекция реализуется включением корректирующих звеньев в прямой канал системы. Она проста в реализации и позволяет эффективно изменять частотные характеристики, однако чувствительна к параметрическим изменениям элементов.

Параллельная коррекция осуществляется введением местных обратных связей. Эквивалентная передаточная функция имеет вид:

$$W_{\text{экв}}(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)W_{\text{ос}}(p)} \quad (3)$$

Данный метод позволяет повысить робастность системы и снизить влияние нелинейностей, что особенно важно для сложных технических объектов [3].

Сравнение методов коррекции

Для оценки эффективности различных подходов к коррекции следящих систем целесообразно провести их сравнительный анализ по основным инженерным критериям, таким как сложность реализации, точность, робастность и способность компенсировать нелинейности. Результаты сравнительного анализа приведены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение методов коррекции

Критерий	Последовательная	Параллельная
Сложность	Низкая	Высокая
Точность	Прямая зависимость	Косвенная
Робастность	Низкая	Высокая
Нелинейности	Не компенсируются	Компенсируются
Быстродействие	Среднее	Высокое

Анализ представленных данных показывает, что последовательная коррекция отличается простотой реализации, однако обладает ограниченной устойчивостью к параметрическим изменениям. Параллельная коррекция обеспечивает более высокую робастность и эффективность при наличии внешних возмущений, что делает её предпочтительной для высокоточных систем.

Заключение

В результате анализа установлено, что наилучшие характеристики следящих систем достигаются при комбинированном применении методов коррекции. Последовательные звенья позволяют формировать требуемые частотные свойства, а параллельные обратные связи обеспечивают устойчивость и робастность системы. Применение данных подходов позволяет повысить точность и надёжность работы следящих систем в условиях внешних возмущений.

Список использованных источников

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
2. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. – СПб.: Питер, 2005. – 336 с.
3. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 312 с.
4. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Теория автоматического управления техническими системами. – М.: Машиностроение, 1985. – 536 с.
5. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика: учебник для вузов. – М.: Радиотехника, 2003. – 286 с.