

СИСТЕМЫ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСАХ

Гаро В. А., студент,
Лозовик К. В., студент

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: старший преподаватель Жевлакова А. Ю.

Аннотация. Исследуются теоретические аспекты построения и функционирования систем с обратной связью. Анализируются принципы работы, классификация и практическое применение в современных системах автоматического управления. Особое внимание уделено вопросам устойчивости и эффективности таких систем.

Системы с обратной связью составляют основу современной теории автоматического управления и находят широкое применение в различных отраслях промышленности, включая машиностроение, энергетику и робототехнику [1]. Основным принципом функционирования таких систем заключается в непрерывном сравнении фактического выходного параметра с заданным значением и корректировке управляющего воздействия на основе полученной разницы.

Классификация систем с обратной связью включает следующие основные типы:

- отрицательные и положительные обратные связи;
- жесткие и гибкие системы управления;
- одноконтурные и многоконтурные структуры [2].

Математическая модель системы с обратной связью описывается передаточной функцией замкнутой системы:

$$W(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s) * H(s)},$$

где $G(s)$ – передаточная функция прямого канала; $H(s)$ – передаточная функция обратной связи.

Для анализа динамических характеристик системы используется дифференциальное уравнение:

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = Kx(t),$$

где TT – постоянная времени; KK – коэффициент усиления.

Методы анализа качества систем с обратной связью включают оценку следующих показателей:

- перерегулирование (не более 20–30 %);
- время регулирования;
- статическую ошибку;
- запас устойчивости по фазе и амплитуде.

Ключевые преимущества систем с обратной связью включают:

- повышение точности управления;
- снижение влияния внешних возмущений;

- увеличение быстродействия системы;
- компенсацию изменений параметров объекта управления [3].

Однако внедрение обратной связи создает определенные испытания, главным из которых является проблема обеспечения устойчивости. Для анализа устойчивости систем с обратной связью применяются следующие критерии:

- алгебраический критерий Гурвица;
- частотный критерий Найквиста;
- логарифмические частотные характеристики [4].

В таблице 1 представлены сравнительные характеристики различных типов обратных связей.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики

Тип обратной связи	Преимущества	Недостатки	Область применения
Отрицательная	Повышение устойчивости, точности	Сложность реализации	Системы стабилизации
Положительная	Усиление сигнала	Риск потери устойчивости	Генераторы сигналов
Жесткая	Простота реализации	Ограничение эффективности	Простые системы регулирования
Гибкая	Высокая точность	Сложность настройки	Прецизионные системы

Практическое применение систем с обратной связью в промышленности Республики Беларусь демонстрирует их высокую эффективность. На предприятиях машиностроительного комплекса внедрение многоконтурных систем управления позволило повысить точность обработки деталей на 15–20 % [5]. В энергетическом секторе системы с обратной связью обеспечивают:

- стабилизацию частоты в энергосистемах;
- поддержание оптимальных режимов работы оборудования;
- автоматическое регулирование мощности генераторов.

Важным аспектом является проектирование цифровых систем с обратной связью, которые обладают следующими преимуществами:

- высокая точность обработки сигналов;
- возможность реализации сложных алгоритмов управления;
- простота изменения параметров настройки;
- надежность и помехозащищенность.

Перспективные направления развития включают:

- адаптивные системы с переменной структурой обратной связи;
- интеллектуальные системы на основе нечеткой логики;
- нейросетевые методы идентификации и управления.

Список использованных источников

1. Сидорович, В. А. Теория автоматического управления / В. А. Сидорович. – Мн. : БНТУ, 2020. – 428 с.
2. Орлов, М. В. Устойчивость систем автоматического управления / М. В. Орлов. – Мн. : Новое знание, 2019. – 312 с.
3. Громов, А. С. Частотные методы анализа систем управления / А. С. Громов, И. В. Новиков. – Мн. : Вышэйшая школа, 2022. – 275 с.