



ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



ПИД-регулятор в АСУ ТП: управление температурой в Engee

инженер по встраиваемым
системам и полунатурному
моделированию, ктн

Алексей Евсеев





Содержание

- 01 Задача и объект**
- 02 Замкнутый контур**
- 03 Ручная настройка**
- 04 Настройка по методу Циглера–Никольса**
- 05 Идентификация и автонастройка**
- 06 Проверка результата**
- 07 Заключение, вопросы**



ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



01 Задача и объект

Температура, рабочая точка
и критерии качества регулирования

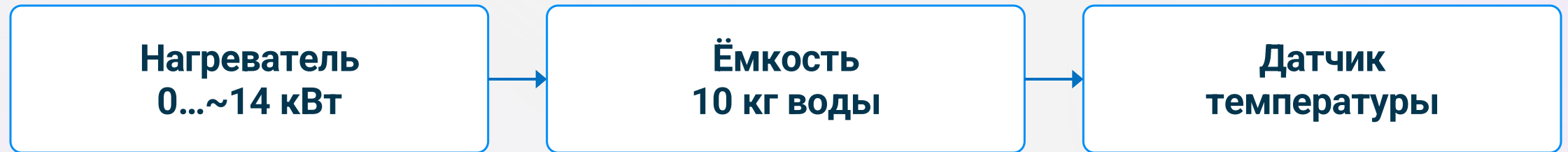




Нагреваемая технологическая ёмкость

Приток: 0,15 кг/с; 20 °C

Перемешивание: температура объёма однородна



Рабочая точка: $T_0 = 30\text{ °C}$, $u_0 = 50\%$

Постоянные времени:

- Канал управления: 10 с
- Ёмкость: 60 с
- Датчик: 5 с



Баланс энергии → модель канала

Баланс мощности в отклонениях от рабочей точки

$$mc_p \frac{d\Delta T}{dt} + (Fc_p + UA)\Delta T = Q_{\max} \Delta u_{\text{actual}} - \Delta Q_{\text{load}}$$

$$T_{\text{in}} = T_{\text{amb}} = 20^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T - T_0$$

$$\Delta u_{\text{actual}} = u_{\text{actual}} - u_0$$

$$\Delta Q_{\text{load}} = Q_{\text{load}} - Q_{\text{load},0}$$

Вывод уравнения канала управления

$$\tau = \frac{mc_p}{Fc_p + UA}$$

$$K = \frac{Q_{\max}}{Fc_p + UA}$$

$$\Delta Q_{\text{load}} = 0$$

$$\tau \frac{d\Delta T}{dt} + \Delta T = K \Delta u_{\text{actual}}$$

Передаточные функции: ёмкость, нагреватель, датчик

$$(60s + 1)\Delta T(s) = 20\Delta U_{\text{actual}}(s)$$

$$W_{\text{ёмк}}(s) = \frac{\Delta T(s)}{\Delta U_{\text{actual}}(s)} = \frac{20}{60s + 1}$$

$$W_{\text{нагрев}}(s) = \frac{\Delta U_{\text{actual}}(s)}{\Delta U_{\text{cmd}}(s)} = \frac{1}{10s + 1}$$

$$W_{\text{дат}}(s) = \frac{\Delta PV(s)}{\Delta T(s)} = \frac{1}{5s + 1}$$



Требования задаём до настройки

Проверка	Воздействие	Критерий
Уставка	30 → 32 °C при t = 20 с	Перерегулирование ≤ 0,2 °C
Установление	Полоса ±0,1 °C	Не более 300 с после ступени
Нагрузка	Отвод 1,4 кВт при t = 400 с	Максимальная ошибка ≤ 1 °C
Восстановление	Та же полоса ±0,1 °C	Не более 300 с после нагрузки



ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



02 Замкнутый контур

Сигналы, единицы и ограничения
в графической модели Engee





Параллельная форма PIDF

$$C(s) = K_p + K_i/s + K_d \cdot s / (T_f \cdot s + 1)$$

$$K_i = K_p / T_i \quad K_d = K_p \cdot T_d \quad N = 1 / T_f$$

P: реакция на ошибку I: устранение остаточной ошибки

D: реакция на скорость изменения + чувствительность к шуму



ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



03 Ручная настройка

$P \rightarrow PI \rightarrow PIDF$

Влияние составляющих на качество регулирования





ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



04 Настройка по методу Циглера–Никольса

Определение предельного усиления
и периода колебаний





ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



05 Идентификация и автонастройка

Экспериментальные данные, модель объекта
и расчёт коэффициентов функцией pidtune





ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



06 Проверка результата

Сравнение настроек по единым критериям





ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



07 Заключение, вопросы

Выводы по настройке температурного контура
и обсуждение ваших задач





Заключение

01 Модель может начинаться с данных

Идентификация → независимая проверка → блок в Engage

02 Настройка — это выбор компромисса

PI, PIDF, pidtune и ZN сравниваем по одним критериям

03 Проверять нужно весь контур

Нагрузка, шум, насыщение, дискретизация и рабочий диапазон

04 Результат — воспроизводимая настройка

Коэффициенты, условия применимости и протокол испытаний



ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



Спасибо за внимание!

