

3. Система обнаружения и компенсации скольжения для мобильного робота в гетерогенной среде / Беляев А.С., Брылев О.А., Иванов Е.А. // IFAC Papers Online 54-13. – 2021. – № 339-344.
4. Lunar Roving Vehicle: Wikipedia. – URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lunar_Roving_Vehicle&oldid=1156844486#cite_note-1.

Сяо Цяньцянь (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Курганов Василий Васильевич, к.т.н., доцент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СИМОЮ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕПЛООВОГО ОБЪЕКТА

Аннотация:

В работе проведено сравнение методов идентификации теплового объекта: метода Симою и графического метода касательной. Исследование выполнено на базе эмулятора печи ЭП10 компании Овен. Результаты показали, что графический метод менее трудоемок и обеспечивает сопоставимую точность. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации лабораторных работ и промышленных приложений.

Ключевые слова: метод Симою, метод касательных, идентификация, тепловой объект, передаточная функция.

Введение

Современные промышленные процессы требуют точного управления, что невозможно без корректной идентификации объектов. Актуальность исследования обусловлена необходимостью выбора оптимального метода идентификации для объектов с запаздыванием, таких как тепловые системы. Цель работы — сравнить точность и трудоемкость метода Симою и графического метода касательной при идентификации теплового объекта. В работе решены следующие задачи:

1. Теоретический анализ методов идентификации.
2. Экспериментальное сравнение методов на модельном и реальном объектах.
3. Разработка рекомендаций по применению методов.

Основная часть

1. Объект исследования:

Эмулятор печи ЭП10 (компания Овен) с передаточной функцией:

$$W_0(S) = \frac{k}{T_s + 1} e^{-\tau S} \quad (1)$$

где

k – коэффициент усиления,

T – постоянная времени апериодического звена;

τ – время запаздывания.

2.1 Идентификация модельного объекта методом касательной

Идентификация времени запаздывания τ не представляет особых проблем, поэтому примем $\tau=0$. Постоянную времени апериодического звена $T=10$. На рисунке 1 представлена переходная характеристика такого звена. На этом же рисунке представлен способ определения постоянной времени объекта с помощью касательной к кривой переходного процесса из точки с координатами (0; 0). Результат построения даёт $T=10$.

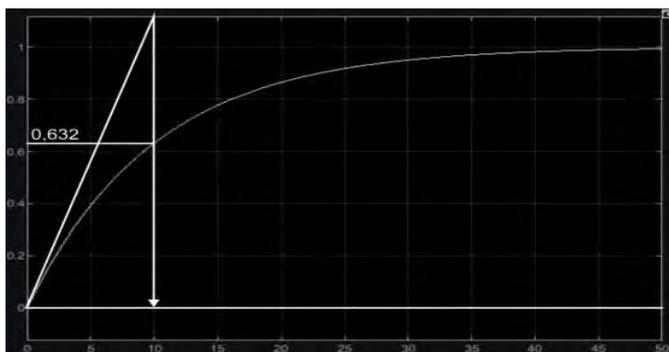


Рис. 1. Определение T объекта методом касательной

2.2 Идентификация модельного объекта методом Симою

На рисунке 2 представлена графическая интерпретация метода площадей Симою для определения постоянной времени апериодического звена первого порядка.

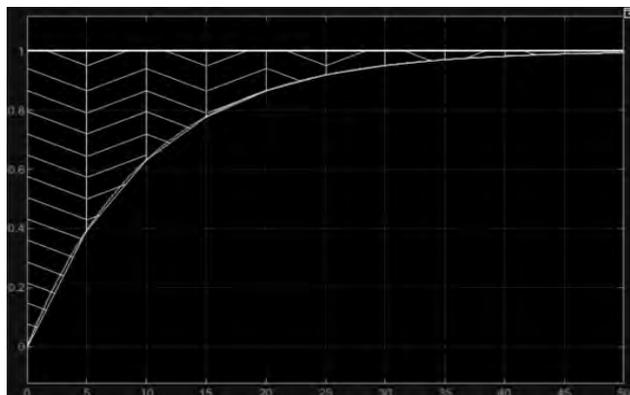


Рис. 2. Определение T объекта методом Симою

Для вычисления постоянной времени апериодического звена методом Симюю заполним таблицу 1.

Таблица 1

Метод площадей Симюю

i	t _i	y _i	$z_i = 1 - \frac{y_i}{y_\infty}$
0	0	0	1
1	5	0,391	0,609
2	10	0,631	0,369
3	15	0,779	0,221
4	20	0,865	0,135
5	25	0,920	0,080
6	30	0,949	0,051
7	35	0,971	0,029
8	40	0,978	0,022
9	45	0,991	0,009
10	50	0,994	0,006

По (1) определим SI численно равную T . $T=10,15$.

2.3 Идентификация модельного объекта графический метод

$$W(p) = \frac{1}{10p + 1} \quad (2)$$

Необходимо определить параметры T и k .

Рассмотрим несколько методов их определения.

При заданный начальных условиях найдем аналитическое решение, где будут T и k , и получим параметры аналитического выражения решения, для начальных условий $y=0$ при $t=0$ и $x=a$ при $t>0$, в общем виде выражение выглядеть будет таким образом:

$$y(t) = k \cdot a \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (3)$$

При $t \rightarrow \infty$, $y(t) = k \cdot a$, то есть через ординату асимптоты (ордината асимптоты $b = k \cdot a$) можно определить k . Коэффициент k представляет собой соотношение между установившейся величиной выходного сигнала системы и амплитуды входного сигнала:

$$y(t) = b \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}) = b \cdot (1 - e^{-1}) = b \cdot (1 - 0.37) = 0.63 \cdot b$$

$y(t) = 0.63$

Отсюда можно утверждать, что постоянная времени T системы первого порядка равна отрезку времени, за которое переходная функция достигает 63 % своей установившейся величины. Отметив на графике 63 % установившейся

величины переходного процесса, определяем абсциссу этой точки (параметр T);

$$(1 - e^{-\frac{t}{T}}) = 0.63$$

Когда $y=0.63$, $t=10$, $T=10.06$

Сравните графические метод и метод Симою

$$\eta_1 = (S - 10) \div 10 \times 100 \% = 1.06 \%$$

$$\eta_2 = (10.06 - 10) \div 10 = 0.6 \%$$

$$\eta_1 = 1.06 \% > \eta_2 = 0.6 \%$$

2.4 Метода Симою для идентификация теплового объекта

Реальная переходная характеристика объекта.

Найди постоянную времени и время запаздывания

$$W_o(s) = \frac{k}{Ts+1} e^{-\tau s},$$

Начальное значение температуры 25,4 град

Конечное 171,4 град

$$k_u = \frac{171,4 - 25,4}{220} = 0,663$$

Коэффициент усиления

2.4.1 Идентификация модельного объекта методом касательной

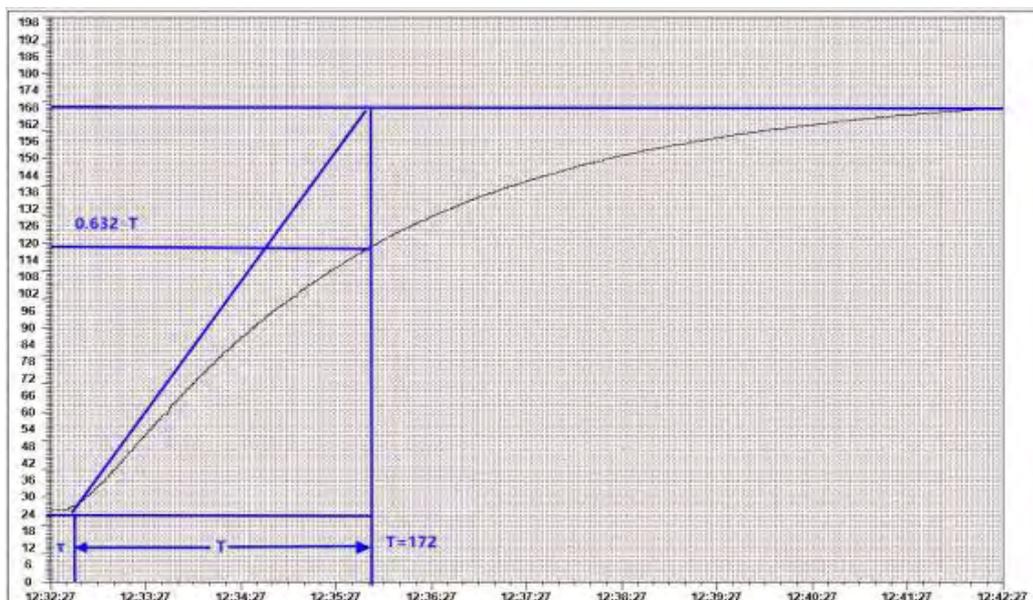


Рис. 3. Определение T и τ объекта методом касательной

На рисунке 3 показан переходный процесс этого канала первого порядка. На рисунке показан метод определения постоянной времени объекта по касательной.

тельной к кривой перехода, начиная с точки с координатами (0, 25.4). Результат построения дает $T = 172$, $\tau = 20$.

2.4.2 Идентификация объектов тепловой объектной модели методом Симою

Представь переходную характеристику нормированной, то есть изменяющейся от 0 до 1, и решай поставленную задачу [1].

Нормализация MinMax (линейная нормализация): $X' = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$. где X' — нормализованное значение, X — исходное значение, X_{\min} — минимальное значение, X_{\max} — максимальное значение. Этот метод преобразует данные в диапазон [0, 1].

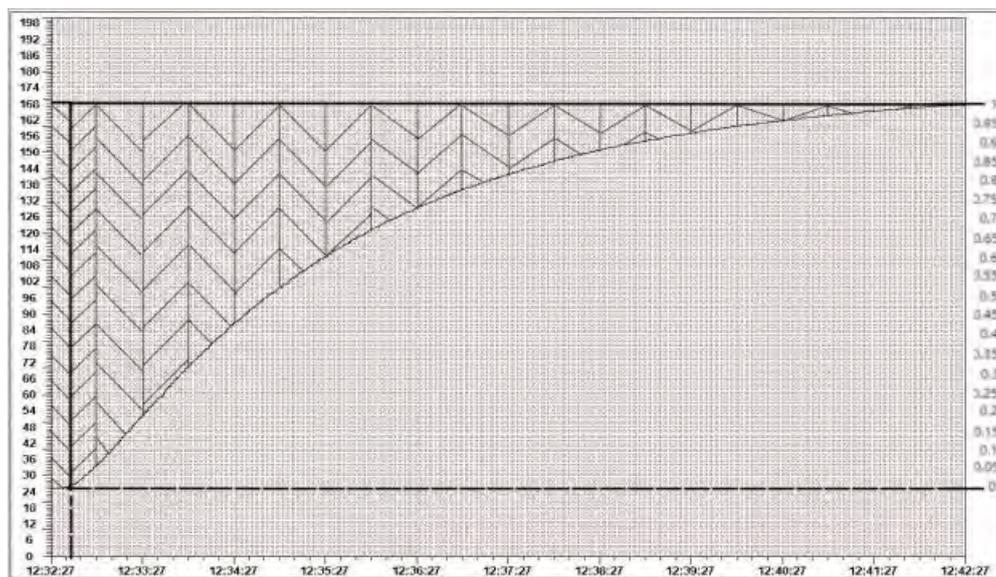


Рис. 4. Определение T объекта методом Симою

Для вычисления постоянной времени апериодического звена методом Симою заполним таблицу 2.

Таблица 2

Метод площадей Симою

i	t_i	y_i	$z_i = 1 - \frac{y_i}{y_\infty}$	$\tau_i = \frac{t_i}{F_i}$	S
0	0	0	1	20	
1	30	0.057	0.943		29.487
2	60	0.183	0.817		26.4
3	90	0.317	0.683		22.5
4	120	0.423	0.577		18.9
5	150	0.524	0.476		15.795
6	180	0.593	0.407		13.245
7	210	0.661	0.339		11.19

8	240	0.740	0.260		8.985
9	270	0.773	0.227		7.305
10	300	0.817	0.183		6.15
11	330	0.846	0.154		5.005
12	360	0.872	0.128		4.23
13	390	0.890	0.110		3.57
14	420	0.911	0.089		2.985
15	450	0.921	0.079		2.52
16	480	0.937	0.063		2.13
17	510	0.951	0.049		1.68
18	540	0.976	0.024		1.095
19	570	0.998	0.002		0.39
20	600	1	0		0.03

По (1) определим S_I численно равную T .

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_{20} = 183.59$$

$$T = S = 183.59 \approx 184$$

$$K = \frac{171.4 - 25.4}{220} = 0.663$$

$$W_0(s) = \frac{0.663}{184s + 1} e^{-20s}$$

Заключение

В завершение своей бакалаврской работы я хотел бы подвести итоги проделанной работы. Математическое моделирование процесса для поиска оптимального управления реальным объектом через определенные промежутки времени, цель данной работы - сравнить различные методы идентификации, метод Симою, метод касательных и графический метод, чтобы определить лучший. Дальнейшая работа включает в себя выбор подходящего реального объекта, получение математической модели работы объекта и анализ математической модели различными методами.

Данная работа предназначена для учебного процесса, и в результате сравнения мы выяснили, что метод Симою более сложный и трудоемкий, а метод касательных более простой и результаты более точные, поэтому он будет использоваться для выполнения лабораторных работ при работе в профессиональной лаборатории.

Список литературы

1. Ивашкин Е.А. Моделирование системы управления котельной установкой: бакалаврская работа. — Москва: Московский энергетический институт, 2021.