

ДИНАМИКА КАНАЛА РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Гринюк Д. А., Олиферович Н. М., Сухорукова И. Г., Михновец А. С.

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: hryniukda@gmail.com

Нелинейные свойства теплообменников обуславливают необходимость проведения ряда экспериментов. Анализ разгонных характеристик проводился численными методами для разных шаблонов путем минимизации отклонения между экспериментальными данными и линейной моделью. Для определения выходных параметров объекта управления были использованы три первичных преобразователя: два датчика температуры и один датчик влажности. Сравнение передаточных функций для двух датчиков температуры не позволяет по экспериментальным данным отделить динамику самого датчика от динамики объекта управления.

ВВЕДЕНИЕ

Определение динамики каналов регулирования обычно происходит на основании теоретического анализа или (и) по экспериментальным данным. Результаты активной идентификации позволяют получить лучшую точность [1-2]. Каналы управления технологическими процессами, как правило, обладают определенным уровнем нелинейности, что исключает точную линейную идентификацию. Большинство таких систем характеризуются определенной степенью нестационарности. По этой причине в процессе идентификации порядок передаточных функций обычно ограничивают.

I. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Стенд испытаний: воздушный теплообменник с нерегулируемый электрическим нагревателем, два датчика температуры (с металлической и пластиковой (ФТК+) монтажными частями) и один влажности. В качестве управляющего воздействия использовалось изменение расхода через управление частотой двигателя вентилятора. Перед началом проведения активного эксперимента включался стенд и температурный режим выводился на одно и то же стационарное значение. После прогрева и окончания переходных процессов проводилось отклонение в одну сторону и его возврат в другую. Результаты сохранялись для последующей обработки. Обработка проводилась путем поиска коэффициентов передаточной функции, которые при минимизируют среднеквадратическое отклонение (СКО) между исходной и шаблонной функциями. Анализ литературы позволил выделить наиболее часто встречающиеся шаблоны передаточных функций для теплообменников

$$\frac{k}{T_1s + 1} \exp(-\tau s), \quad (1)$$

$$\frac{k}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)^n}, \quad (2)$$

$$\frac{k \exp(-\tau s)}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}, \quad (3)$$

$$\frac{k(1 - b \exp(-\tau s))}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}, \quad (4)$$

$$\frac{k \exp(-\tau s)}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)^n}, \quad (5)$$

Формулу (1) часто используют для прикладного использования. Формулу (2) применяют при $n = 1$ или $n = 2$, когда влияние распределенности незначительно. В случае присутствия существенных градиентов температуры рационально будет использовать формулы (3)–(5).

II. РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1, 2 приведены примеры кривых разгона, которые подвергались аппроксимации при одном и том же диапазоне изменения частоты, но разным направлением. Предварительно кривые были нормированы путем деления на диапазон изменения.

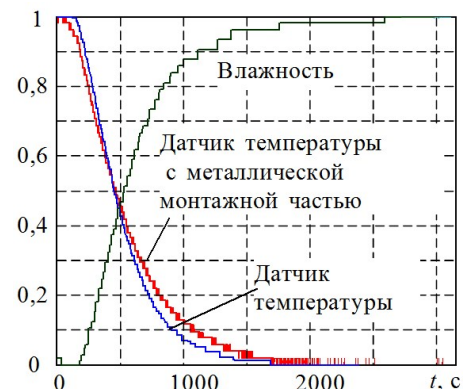


Рис. 1 – Кривая разгона при увеличении скорости

Канал управления имеет отрицательный коэффициент управления по температуре и положительный по влажности, т. е. при увеличении частоты оборотов температура падает вследствие увеличения количества проходящего

воздуха через нагреватели с постоянной мощностью, постоянство же влагосодержания при уменьшении температуры приводит к повышению влажности.

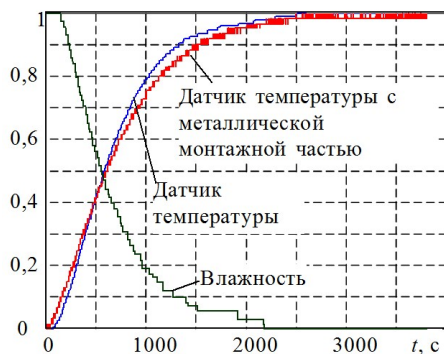


Рис. 2 – Кривая разгона при уменьшении скорости

Качество аппроксимации различными шаблонами (1)-(5) кривых разгона для варианта на рис. 2. приведены рис. 3-4.

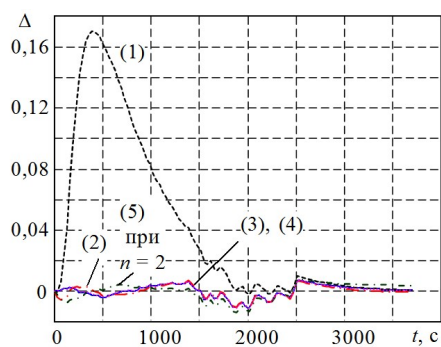


Рис. 3 – Кривая разгона при увеличении скорости

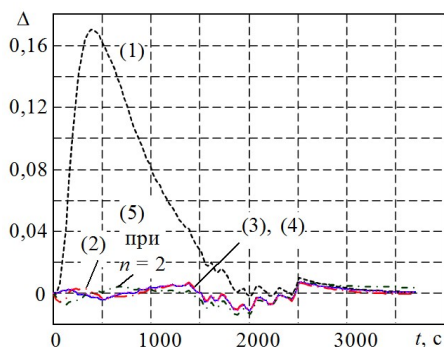


Рис. 4 – Кривая разгона при уменьшении скорости

Для выбора подхода к настройке системы управления объектами с нелинейной динамикой следует производить оценку возможных изменений параметров. Минимальная ошибка аппроксимации соответствует шаблону, который представляет собой апериодическое звено второго порядка с запаздыванием и соответствует формуле (3). Изменение параметров n в шаблоне (5), в отличие от объекта исследования [5, 6], ухудшает качество. Однако интегральная ошибка имеет некоторую зависимость от этого показателя. Худшие характеристики наблюдались при значениях $n = 2$ и $n = 3$. Шаблон (1), самый по-

пулярный вариант в литературе, давал худшее качество аппроксимации. Анализ графиков на рис.3-4 показывает, что, кроме эффекта квантования (рис.1, 2), основным источником накопления ошибки является начальный участок кривой разгона. Данное наблюдение может служить грубым критерием выбора шаблона аппроксимации. Качество аппроксимации шаблонами зависит от направления изменения управляющего воздействия. В процессе охлаждения наблюдаются большие отклонения, чем в процессе нагревания. Несмотря на то, что разгонные характеристики снимались для одного объекта одновременно, отделить динамическую составляющую объекта управления от динамики датчика по результатам эксперимента невозможно. Несмотря на близость разгонных кривых, динамические характеристики различны. Для датчика температуры с металлической монтажной частью постоянные времени меньше, но запаздывание больше. При увеличении частоты отношение минимальной и максимальной постоянных времени выбранной модели имеют большую величину, чем при уменьшении. Особенно это характерно для датчика ФТК+. Однако зависимость носит нелинейный характер, что обусловлено, скорее всего, невозможностью обеспечить идентичность проведения экспериментов. Проведение экспериментов с одинаковым управляющим воздействием показало вариацию более чем на пять процентов коэффициентов передаточных функций для всех шаблонов при сохранении отношения динамических параметров.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рациональность выбора шаблона аппроксимации зависит от множества факторов. Несимметричность динамики процессов теплообмена усложняет процесс идентификации и требует компромиссов между точностью и сложностью. Повышение порядка передаточной функции при аппроксимации не всегда способствует повышению качества.

1. Hangos, K. M. Process modelling and model analysis / K. M. Hangos, I. T. Cameron. – San Diego: Academic Press. 2001. –543 p.
2. Dorfman K. D. Numerical Methods with Chemical Engineering Applications / K. D. Dorfman, D. Prodromos / Cambridge University Press, 2017. – 511 p.
3. Олифинович, Н. М. Гармоническая идентификация технологических объектов в реальном времени / Н. М. Олифинович, Д. А. Гринюк, И. О. Оробей // Труды БГТУ. –2016. –Сер. 3, № 6(188), –С. 117–121.
4. Oliferovich N. The use of harmonic identification algorithms to air heat exchanger / N.Oliferovich, D. Hryniuk, I. Orobei.// Electrical Electronic and Information Sciences (eStream): Open Conference, – 2017, p. 1–5.
5. Marozava M., Experimental study of the variation dynamic's for air heat exchanger /M. Marozava, D. Hryniuk // Science – Future of Lithuania. – 2017. – Vol. 9, №.3. –p. 297–301.