

УДК 004.8+004.312:644.1

П. Є. Христо

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ РЕГУЛЬОВАНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Анотація. Запропоновано алгоритм ідентифікації нагрівача припливного повітря за допомогою диференційного рівняння другого порядку за експериментальними перехідними характеристиками, що забезпечує задовільну точність в умовах суттєвого впливу шуму та дискретних властивостей датчиків і не потребує обчислення старшої похідної.

П. Е. Христо

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЕГУЛИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Аннотация. Предложен алгоритм идентификации нагревателя приточного воздуха с помощью дифференциального уравнения второго порядка по экспериментальным переходным характеристикам, который обеспечивает удовлетворительную точность в условиях существенного влияния шума и дискретных свойств датчиков и не требует вычисления старшей производной.

P. E. Hristo

IDENTIFY ELEMENTS OF THE CONTROLLED VENTILATION SYSTEM

Abstract. The algorithm of reveal air heater identification by means of differential equalization the second order on experimental transitional descriptions, which provides satisfactory exactness in the conditions of substantial influence of noise and discrete properties of sensors and does not require the calculation of senior derivative is offered.

Як відомо, проектування та розробка сучасних систем управління вентиляцією так чи інакше передбачає вибір структури та обчислення параметрів регуляторів основних координат – температури, концентрації двоокису вуглецю та шкідливих домішок, вологості, швидкості повітря у приміщенні, – за якими влаштовують зворотні зв'язки для стабілізації та виключення або пом'якшення впливу збурення, яке виникає внаслідок зміни кількості людей у приміщенні, температури навколишнього середовища, відчинення або зачинення вікон та дверей тощо [1]. В свою чергу, структура і параметри регуляторів визначаються математичною моделлю, яку покладено в основу опису фізичних процесів, що відбуваються в елементах системи вентиляції. Побудова таких математичних моделей у загальному випадку є громіздкою задачею і потребує значної кількості часу, що звичайно обмежується в умовах інженерної практики, не лише з боку складності застосовуваного математичного апарату, але й з точки зору розрахунку великої кількості усіх необхідних параметрів у такий спосіб, щоб задовольнити деякий критерій адекватності модельних процесів реальним. Тому експериментальні дослідження динамічних властивостей елементів конкретної системи з подальшою ідентифікацією на основі отриманих даних можливо більш простими моделями, як етап автоматизованого проектування, є більш доцільним.

Слід відзначити, що обробка експериментальних даних методом найменших квадратів [2] із задовільною точністю виявляється неможливою із-за дискретності за рівнем та шуму датчиків, що призводить до втрати інформативності сигналів першої та, особливо, другої похідної.

Мета роботи – розробити алгоритм ідентифікації нагрівача припливного повітря за експериментальними даними, який не потребує обчислення старшої похідної.

Експериментальні дослідження, проведені під час даної роботи, було виконано на лабораторному стенді, до складу якого входять повітропровід з

декількома ділянками, що мають різний аеродинамічний опір, вентилятор з живленням від перетворювача частоти (ПЧ) та нагрівач припливного повітря з живленням від мережі через електронний ключ з контролем переходу напруги через нуль. Управління ПЧ та електронним ключем нагрівача реалізовано за допомогою промислового контролера Twido компанії Schneider Electric. Експериментальні дані представляють собою залежність температури навколишнього середовища, повітря приміщення і температури на виході нагрівача від часу. Вимірювання температур здійснювалося за допомогою цифрових датчиків DS18B20.

Була проведена група з восьми дослідів, під час кожного з яких велось спостереження за реакцією нагрівача на прямокутний імпульс потужності заданої тривалості T_0 при зміні частоти напруги живлення двигуна вентилятора f від мінімального до максимального значення з відповідним кроком. Ідентифікація нагрівача ставила на меті знаходження сталих часу T_1 , T_2 та правої частини θ_s звичайного неоднорідного диференційного рівняння другого порядку, що описує процес зміни у часі різниці температури на виході і вході нагрівача $\theta(t)$:

$$T_1 T_2 \frac{d^2 \theta(t)}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = \theta_s, \quad (1)$$

Порядок рівняння обрано виходячи із характеру експериментальних перехідних характеристик, на яких було добре видно, що час настання максимуму різниці температур $\theta(t)$ не збігається з величиною T_0 , до того ж не має зламів характеристики у цій та початковій точці, як це мало б бути у випадку рівняння першого порядку. Фізичний зміст рівняння другого порядку визначається конструктивними особливостями нагрівача, в якому тепловою інерцією характеризується власне нагрівальний елемент, а також спіральний дріт, намотаний зверху і призначений для поліпшення умов тепловіддачі.

Тому була зроблена спроба розв'язання поставленої задачі іншим способом.

За основу було взято інтегральне перетворення Лапласа [3]. Але на відміну від класичного перетво-

рення, в якому використовується невластний інтеграл з верхньою нескінченною межею, для полегшення ідентифікації було введено інтегральне перетворення, що базується на визначеному інтегралі, в якому комплексний параметр p було замінено дійсним

$$x = x(t) \Leftrightarrow X = X(p) = \int_0^T x(t)e^{-pt} dt,$$

де $x = x(t)$ – деяка функція часу, $X = X(p)$ – інтегральне перетворення цієї функції, T – кінцевий момент часу.

Таким чином було зроблено інтегральне перетворення рівняння (1)

$$\frac{1 - e^{-pT_0}}{p} \theta_{s1} + \frac{e^{-pT_0} - e^{-pT}}{p} \theta_{s2} - AL\theta''(t) - BL\theta'(t) = \theta(p), \quad (2)$$

де θ_{s1}, θ_{s2} – права частина рівняння (1) на ділянках ввімкненого та вимкненого стану нагрівача відповідно, $\theta(p), L\theta'(t), L\theta''(t)$ – інтегральне перетворення різниці температур, її першої та другої похідної відповідно, які у свою чергу,

$$\theta(p) = \int_0^T \theta(t)e^{-pt} dt;$$

$$L\theta'(t) = \theta(T)e^{-pT} - \theta(0) + p\theta(p);$$

$$L\theta''(t) = \theta'(T)e^{-pT} - \theta'(0) + pL\theta'(t);$$

$\theta(0), \theta(T)$ – значення різниці температур на кінцях відрізка ідентифікації; $\theta'(0), \theta'(T)$ – значення першої похідної різниці температур на кінцях відрізка ідентифікації;

$$A = T_1T_2; B = T_1 + T_2; \quad (3)$$

L – символ, що позначає операцію інтегрального перетворення. Надавши параметру p_i значення p_1, p_2, p_3, p_4 в діапазоні $0,004 \dots 0,5/T$, отримали відповідні рівняння типу (2), після зведення яких у систему, розрахували шукані параметри. Отримані розв'язання системи такі, що дозволили знайти сталі часу:

$$T_1 = \frac{2A}{B - \sqrt{B^2 - 4A}}, T_2 = \frac{2A}{B + \sqrt{B^2 - 4A}}.$$

Під час усього процесу ідентифікації для кожної ділянки використовувались одні й ті самі значення параметру p . Для підвищення точності ідентифікації було також використано попереднє усереднення результатів вимірювання за умови, що середньоквадратичне відхилення між експериментальними та усередненими даними на відрізку ідентифікації не перевищувало $\delta\tilde{\theta} \leq 0,07^\circ\text{C}$ і вже усереднені дані використовувались для формування системи рівнянь типу (2). В результаті середньоквадратичне відхилення розрахункових даних від експериментальних склало менш $\delta\tilde{\theta} \leq 0,08^\circ\text{C}$. У таблиці представлені результати ідентифікації у наведений спосіб.

Таким чином, перевагою запропонованого підходу є відсутність потреби обчислення другої похідної різниці температур на основі експериментальних даних, а значення першої похідної потрібно знати лише на кінцях відрізка ідентифікації.

1. Результати ідентифікації

$f, \text{Гц}$	15,000	20,000	25,000	30,000	35,000	40,000	45,000	50,000
$\theta_{s1}, ^\circ\text{C}$	244,825	189,839	157,817	138,769	128,784	111,361	104,303	96,448
$\theta_{s2}, ^\circ\text{C}$	0,350	0,252	0,259	0,824	0,784	0,921	0,983	1,067
$T_1, \text{с}$	401,691	360,030	303,548	255,783	241,241	221,035	210,086	203,398
$T_2, \text{с}$	33,323	35,507	33,199	27,204	24,035	22,759	21,667	18,893
$\delta\tilde{\theta}, ^\circ\text{C}$	0,747	0,426	0,489	0,334	0,333	0,309	0,315	0,300

Список використаної літератури

1. Лозинський А.О. Системи керування електропобутовими приладами: навч. посібник // А.О. Лозинський, Б.Л. Копчак, В.В. Бушер. – Львів: Видавництво львівської політехніки, 2010. – 304 с.

2. Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления // А.Н. Дилигенская. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2009. – 136 с.

3. . Бронштейн И.Н. Справочник для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев // Под ред. Г.Гроше, В. Циглера. – М.: Наука, 1981. – 720 с.



Хрісто Павло Євгенович, аспірант Одеськ. нац. політехн. університету, т. (0482)472811

Отримано 12.07.2011