

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Предложены модели систем приточно-вытяжной вентиляции на базе нелинейных дифференциальных уравнений дробного порядка, метод идентификации их параметров с применением генетических алгоритмов, структура и параметры регуляторов для обеспечения оптимальных режимов, методика диагностики

Запропоновано моделі систем припливно-витяжної вентиляції з нелінійними диференціальними рівняннями з дробовим порядком, метод ідентифікації параметрів з використанням генетичних алгоритмів, структура та параметри регуляторів для забезпечення оптимальних режимів, методика діагностики.

An analysis of reveal ventilation systems with active recuperation or heating element is carried out. It is suggested to use nonlinear fractional differential equations to describe them. The automatic identification of parameters using evolution algorithms is developed. Parameters of regulators for optimal dynamic and static control are defined. The structure of controller for automatic tuning, control and diagnostics of climatic systems are proposed.

Цель работы – создание универсального контроллера, осуществляющего автоматическую идентификацию параметров и управление климатическими установками, диагностику теплоэнергетических режимов в системе на основании сопоставления начальных (паспортных) параметров с их текущими значениями. Контроллер позволит существенно сократить затраты времени при проведении пуско-наладочных работ и обеспечить экономию энергетических ресурсов за счет своевременного уведомления о нарушениях в работе системы, происходящих из-за утечек фреона, загрязнения теплообменников и т.п.

Исполнительными элементами в такой системе (рис.1) могут выступать: вентиляторы в приточном и вытяжном каналах, регулирующие подачу воздуха; нагревательный элемент в приточном канале с регулируемой мощностью или холодильный контур, от скорости компрессора в котором зависит тепло- и холодопроизводительность. Релейными исполнительными элементами являются заслонки, 4-ходовой клапан. Для работы системы необходимы датчики температуры наружного, внутреннего и приточного воздуха, а также дополнительные датчики качества воздуха, влажности, поверхностной температуры испарителя и конденсатора, терморегулирующий вентиль.

Анализ теплоэнергетических процессов позволяет предложить универсальную модель для объектов управления в такой системе в виде дифференциально-го уравнения дробного порядка [1]:

$$\frac{T_2}{q + V^*} T_1^\mu D^{1+\mu} t_{ov} + T_1^\mu D^\mu t_{ov} + t_{ov} = \frac{\Delta t_{ov}}{V^*} P^*, \quad (1)$$

где P^* – относительная тепловая мощность, отдаваемая нагревателем/охладителем; T_1, T_2 – постоянные времени; $\mu \in [0,5; 1]$ – порядок дробно-дифференциального уравнения; V^* – относительная скорость воздушного потока; $t_{ov}, \Delta t_{ov}$ – текущее и установившееся значения перегрева по отношению к наружной температуре t_{ex} при $V^* = 1$ и $P^* = 1$; q – константа.

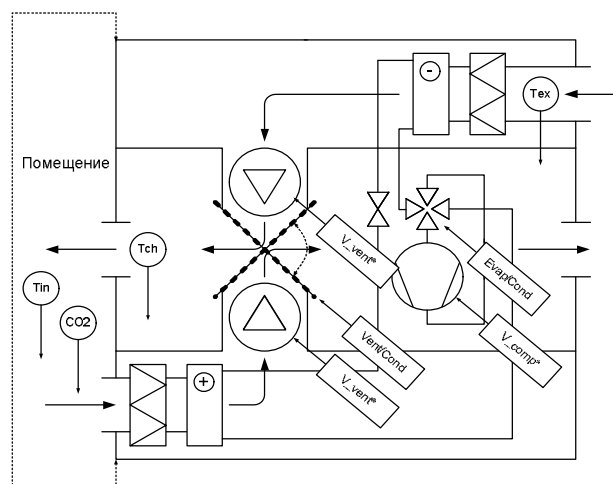


Рис. 1. Функциональная схема приточно-вытяжной вентиляционной установки

Задача идентификации заключается в определении параметров $T_1, T_2, \mu, \Delta t_{ov}, q$ для систем с плавным регулированием P^* и V^* и выполняется путем подачи тестовых единичных импульсов P^* при различных скоростях V^* с последующей обработкой данных с помощью генетических алгоритмов (ГА) [2].

Из возможных вариантов ГА лучшими показателями по скорости и качеству обучения для предложенной модели (1) характеризуется алгоритм с многоточечным скрещиванием, частичной (60 %) заменой популяции и селекцией ранговым методом, а также мутацией параметров в каждом поколении [4]. Критерием обучения является минимизация среднеквадратичной погрешности.

После обучения при запуске системы параметры лучшей особи записываются в памяти управляющего процессора в качестве номинальных (паспортных).

В дальнейшем осуществляется сопоставление реакции объекта и встроенной модели на задающие сигналы, что позволяет сделать вывод о причинах изменения параметров. В частности, увеличение ко-

эфициента Δt_{ov} и увеличение T_1, T_2 свидетельствует об уменьшении скорости воздушного потока в канале вентиляции в результате засорения фильтров, о загрязнении поверхности нагревательного элемента и ухудшении условий теплоотдачи; уменьшение Δt_{ov} – о снижении теплопроизводительности в результате утечки хладагента.

Анализ холодильного контура осложняется тем, что коэффициенты передачи конденсатора и особенно испарителя зависят от параметров подаваемого воздуха. На основании I-d-диаграмм влажного воздуха выявлены зависимости коэффициентов испарителя Δt_{evap} и конденсатора Δt_{cond} только от влажности и температуры подаваемого с определенной скоростью воздуха, не зависящие от прочих внешних условий (рис.2), что позволяет автоматизировать диагностику этих элементов.

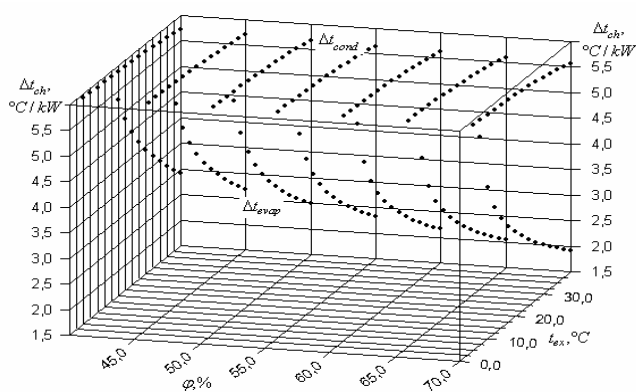


Рис.2. Зависимости Δt_{cond} и Δt_{evap} от температуры и влажности

Система управления такой установкой может быть построена по принципу подчиненного регулирования температур воздуха в помещении и приточном канале [3]. С учетом $\mu < 1$ регулятор температуры приточного воздуха представляет собой дробный ПИ-регулятор с передаточной функцией:

$$H_{reg}(p) = \frac{T_{ov}}{k_{ov} a T_v} + \frac{1}{k_{ov} a T_v p^\mu} \quad (2)$$

причем

$$a = \frac{\mu}{4.683 - 5.897\mu + 1.595\mu^2},$$

а регулятор температуры воздуха в помещении – последовательно соединенные ПИ- и дробный ПИ- регуляторы:

$$H_{reg}(p) = \left(\frac{b}{a} + \frac{1}{a T_v p} \right) \left(\frac{T_{ov}}{k_{ov}} + \frac{1}{k_{ov} p^\mu} \right) \quad (2)$$

$$a = \exp(-18.1 + 7.83\mu)$$

$$b = 7.336 + 0.792a + 3.83 \ln(a).$$

где T_v – некомпенсируемая малая постоянная времени.

Такие регуляторы обеспечивают перерегулирование не более 3 %, длительность переходного процесса не

более $5 \dots 10 T_v$, а также отсутствие позиционной и скоростной ошибки во внешнем контуре.

При наличии датчика качества воздуха скоростью вентиляторов может управлять ПИ-регулятор, параметры которого зависят от объема помещения и кратности воздухообмена.

Таким образом, контроллер такой установки должен включать в себя:

6 каналов измерения температуры от стандартных датчиков (РТ1000); 3 канала АЦП для обработки сигналов датчиков влажности и качества воздуха; 3 аналоговых выхода и 3 выхода ШИМ для управления скоростями вентиляторов и компрессора, мощностью нагревательного элемента, положением терморегулирующего вентиля в холодильном контуре; 3-5 дискретных входов для подключения аварийных датчиков; 3-5 релейных выходов для управления заслонками, 4-ходовым клапаном.

Программное обеспечение контроллера включает в себя блок регуляторов, модуль обучения/дообучения на базе генетических алгоритмов со встроенной моделью объекта управления, модуль диагностики аварийных режимов и изменения параметров объекта управления.

Список использованной литературы

1. Бушер В.В. Идентификация элементов климатических систем дифференциальными уравнениями дробного порядка / В.В. Бушер // Электромашинобуд. та електрообладн.– К.: Техніка.– 2010. – Вип.75.– С.68-70.
2. Бушер В.В. Генетические алгоритмы как метод идентификации элементов климатических установок, описываемых дробно-дифференциальными уравнениями / В.В. Бушер // Електротехн. та комп'ютерні системи. – К.: Техніка, 2010, № 02(78). – С.68-72.
3. Бушер В.В. Системы управления климатическими установками с дробными интегрально-дифференцирующими регуляторами / В.В. Бушер // Вісник Нац. техн. ун-ту «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПИ». – 2010. – № 28. – С.172-173.
4. Rutkowska D. Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte / D.Rutkowska, M.Pilinski, L.Rutkowski // Naukowe PWN, Warszawa: –1999. –452 p.

Получено 07.07.2011



Бушер
Виктор Владимирович,
к.т.н, доцент каф. ЭМС КУ
Одесск. нац.
политехн. ун-та
т.+38(048)7610884