

8. Goldschtick M.A. *Vortex Flows*/ M.A. Goldschtick – Novosibirsk: Science, 1981.

9. Akhmed K.M. *Development of Noncontact Methods for the Research of Swirled Flows on the Example of a Vortex Tube*/ K.M. Akhmed – *Dissertation of Doctor of Technical Science*, M: State Academy of Petroleum and Gas, 1993.

10. Казанцева, О.В. Численное моделирование закрученных течений в вихревых трубах./ О.В. Казанцева, Ш.А. Пиралишвили, Д.К. Василюк, А.А. Фузеева. – Минский международный форум по тепло- и массообмену. Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси, 24–28 мая 2004. – С.84.

11. Бурцев С.А. Исследование влияния диссипативных эффектов на температурную стратификацию в потоках газа (обзор)/ С.А. Бурцев, А.И. Леонтьев – ТВТ, 2014.

12. Бирюк В.В. Вихревой эффект (Технические приложения). Том 2 (часть 2)/ В.В. Бирюк, С.В. Веретенников, А.И. Гурьянов, Ш.А. Пиралишвили – М.: ООО "Научтехлитиздат", 2014 – 216 с.

УДК 735.628.277

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Попов С.В., Рогов А.Д.

Научный руководитель Соколова С.С.

Тульский государственный университет

Рассмотрены параметры отопительных систем, обеспечивающие их эффективное функционирование

Как показывает практика эксплуатации систем отопления существенными факторами, изменяющим теплоотдачу отопительных приборов по сравнению с ожидаемой, является вид отопительных приборов, способ соединения радиаторов с теплопроводами, время хранения отопительных приборов на складе до их установки. К эксплуатационным параметрам можно отнести общее состояние системы, зависящее, в частности, от живых сечений трубопроводов, наличия накипи на стенках труб и приборов, наличия окрашенных поверхностей, решеток, отра-

жателей, а также, изменение площади теплоотдающей поверхности и места установки отопительных приборов.

Зависимость изменения толщины отложений на стенках труб и приборов от времени эксплуатации системы отопления имеет вид:

$$\delta_n(\tau) = \delta_n^* (1 - e^{-k\tau}),$$

где $\delta_n^* = \frac{M_\infty - \frac{1}{k}}{\rho_n}$ – предельная толщина отложений;

$k = \frac{1}{\tau_r}$ – константа скорости процесса отложения;

τ_r – время релаксации системы;

M_∞ – максимально возможная в данных условиях удельная масса отлагающейся накипи.

Большое влияние на изменение параметров оказывают режимы работы систем регулирования теплоотдачи отопительных приборов и устанавливаемые данные настройки. В условиях эксплуатации системы возможны изменения параметров, которые можно условно разделить на две группы: фиксированные и случайные, характерные для системы автоматического регулирования.

Изменения параметров элементов системы существенно влияют на динамические характеристики и точность. Изменения выходного сигнала складываются из соответствующих значений в системе с постоянными параметрами (при номинальных значениях параметров) и дополнительных составляющих, возникающих из-за отклонений параметров от номинальных значений. Влияние отклонения параметров от номинальных значений на изменение выходного сигнала системы определяется функциями чувствительности.

Предполагается, что система с номинальными параметрами имеет сигнал на входе $x_0(t)$. Если один из параметров системы отклоняется от номинального значения на величину α , то выходной сигнал $x(t, \alpha)$, является функцией α . Для малых зна-

чений α реакция системы $x(t, \alpha)$ может быть разложена в ряд Тейлора:

$$x(t, \alpha) = x(t, \alpha_0) + \left. \frac{\partial x(t, \alpha)}{\partial \alpha} \right|_{\alpha=0} \alpha + \left. \frac{\partial^2 x(t, \alpha)}{\partial \alpha^2} \right|_{\alpha=0} \frac{\alpha^2}{2} + \dots$$

Коэффициент линейного члена ряда является функцией чувствительности и обозначается $z(t)$:

$$z(t, \alpha_0) = \left. \frac{\partial x(t, \alpha)}{\partial \alpha} \right|_{\alpha=0}.$$

В системе водяного отопления имеет место многопараметрическая деградация, приводящая к потере надежности функционирования автоматизированной системы отопления (рис. 1).

Если определять чувствительность к каждому параметру $(\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z)$, влияющему на отказ системы, то можно выделить некоторую область Ψ , ограниченную допустимыми порогами K , внутри которой будут состояния системы, удовлетворяющие техническим условиям эксплуатации с точки зрения ее эффективности, а сама функция чувствительности, полученная тем или иным способом позволит определить влияние отклонения параметра α на выходной сигнал, т.е. температуру θ .

Исследование переходных процессов в системе водяного отопления позволяет сделать вывод об их нелинейном характере. Функция чувствительности в этом случае будет иметь линейный характер, но с переменными коэффициентами. Для построения области Ψ (рис. 1) необходима разработка некоторого программного обеспечения, удовлетворяющего математическому описанию системы с целью получения зависимости $\theta(t)$ при отклонении указанных выше параметров $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$.

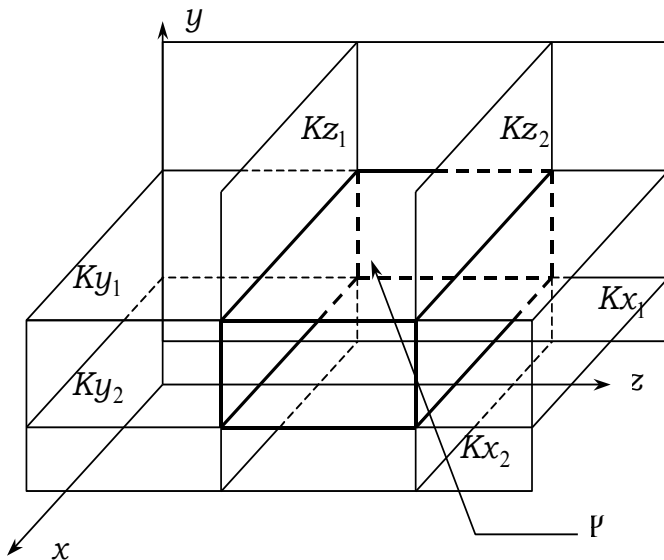


Рис. 1 – Область эффективного функционирования системы водяного отопления Ψ при ограничении допустимыми порогами $K_{x1}, K_{x2}, K_{y1}, K_{y2}, K_{z1}, K_{z2}$, характеризующих изменение параметров

Второй путь получения функции чувствительности $z(t, \alpha_0)$ связан с анализом передаточной функции объекта. Систему водяного отопления можно считать инерционной системой первого порядка с постоянной времени T , изменяющейся на некоторую величину α в зависимости от изменения других параметров. При этом функция чувствительности будет иметь вид:

$$z(t, \alpha) = -\frac{t}{T} e^{-\frac{t}{T}}.$$

Величину постоянной T можно определить по экспериментальным данным. Сигнал на выходе с учетом изменений T определится выражением:

$$\theta(t, \alpha) = 1 - \left(1 + \frac{t}{T} \alpha\right) e^{-\frac{t}{T}}.$$

Третий способ анализа $\theta(t, \alpha)$ – это структурный метод, который позволяет отыскать функцию чувствительности с помощью некоторого моделирующего программного пакета, который, совершив 2 цикла вычислений, выдает значения $z(t_i, \alpha)$ для случая полученной математической модели. В более сложных случаях число их увеличивается.

Если изменение параметров α выводит систему отопления из области Ψ , то это отказ системы, который можно охарактеризовать интенсивностью отказов $\lambda(t)$. Изменение параметров α приводит к изменению интенсивности отказов, а если известна скорость параметрических изменений, то можно построить и функцию увеличения интенсивности отказов от времени.

Библиографический список

1. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. *Математические методы в теории надежности*. – М.: Наука, 1965. – 534 с.
2. Воронов А.А. *Устойчивость, управляемость, наблюдаемость*. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1979. – 336 с.

УДК: 628.8.02

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Михеева Е.О.

Научный руководитель Рожков В.Ф.

Тульский государственный университет

Рассматриваются вопросы актуальности, эффективности и преимущества использования центральных кондиционеров в промышленных зданиях.

Проблему обеспечения качества воздушной среды в промышленных предприятиях, определенно, можно считать акту-