

осуществляют вычисления с помощью процесса обучения. В процессе декодирования принятых кодовых слов с ошибками C^* в исходные кодовые слова C нейронные сети могут выполнять задачи идентификации систем и инверсных систем.

У даній статті наведений аналіз можливостей застосування апарата нейронних мереж з метою декодування телекомунікаційних сигналів. Важливим показником ефективності телекомунікаційних систем є завадостійкість передачі дискретних повідомлень. Найбільш ефективним засобом підвищення завадостійкості передачі дискретних повідомлень є методи канального кодування. Нейронні мережі являють собою машину, що здійснює обробку інформації для виконання конкретного завдання. Нейронні мережі здійснюють обчислення за допомогою процесу навчання. У процесі декодування прийнятих кодових слів з помилками

C^* у вихідні кодові слова C нейронні мережі можуть виконувати завдання ідентифікації систем та інверсних систем.

In given article the analysis of opportunities of application of the device of neural networks with the purpose of decoding of telecommunication signals is resulted. The important parameter of efficiency of telecommunication systems is the noise stability of transfer of discrete messages. The most effective means of increase of a noise stability of transfer of discrete messages are methods of channel coding. Neural networks represent the machine which is carrying out processing of the information for performance of a specific target. Neural networks carry out calculations by means of process of training. During decoding the accepted code words with errors C^* in initial code words C neural networks can carry out of a task of identification of systems and inverse systems.

УДК 681.5

ЧЕРНЫШЕВ Н.Н. (ДонНТУ)

Синтез компенсаторов для комбинированных систем автоматического регулирования

Введение

Удовлетворительное качество регулирования в одноконтурных системах с использованием ПИ(Д) - закона управления можно обеспечить лишь при хороших динамических характеристиках объекта. На практике большинству промышленных объектов свойственны значительные возмущающие воздействия. В таких случаях даже при оптимальных настройках регуляторов одноконтурные системы регулирования характеризуют-

ся неудовлетворительными показателями качества переходных процессов и работой регулятора, исполнительных механизмов в режиме интегрального насыщения. Более эффективным способом управления является комбинированное управление на основании компенсации и обратной связи по регулируемой координате, что позволяет объединить достоинства обоих принципов: быструю реакцию на возмущение и точность регулирования независимо от природы возмущений [1,2,3].

Цель работы

Улучшение динамических свойств одноконтурных систем управления за счет применения компенсирующих устройств по измеряемым возмущающим воздействиям.

Постановка задачи

Нахождение структуры, параметров динамических компенсаторов и анализа их реализуемости.

Принцип инвариантности

Для повышения качества управления необходим переход от одноконтурных систем к комбинированным системам (рис. 1), использующим корректирующие сигналы du_1, \dots, du_n по измеряемым возмущениям f_1, \dots, f_n . Если внешние возму-

щения, воздействующие на объект управления, можно измерять до того, как они пройдут на выход системы, то их влияние можно существенно ослабить с помощью прямой связи. Прямая связь позволяет скомпенсировать погрешность быстрее, чем обратная связь обнаружит ошибку как разность между управляемой величиной и управляющим воздействием. Уравнение выходной переменной $Y(s)$ в изображениях Лапласа можно записать в виде:

$$Y(s) = P(s)u^*(s) + P_{f1}(s)F_1(s) + \dots + P_{fn}(s)F_n(s), \quad (1)$$

где $P(s)$ – передаточная функция по каналу «управляющие воздействие – регулируемая переменная»;

$P_{f1}(s), \dots, P_{fn}(s)$ – передаточные функции по каналам «возмущающие воздействие – регулируемая переменная».

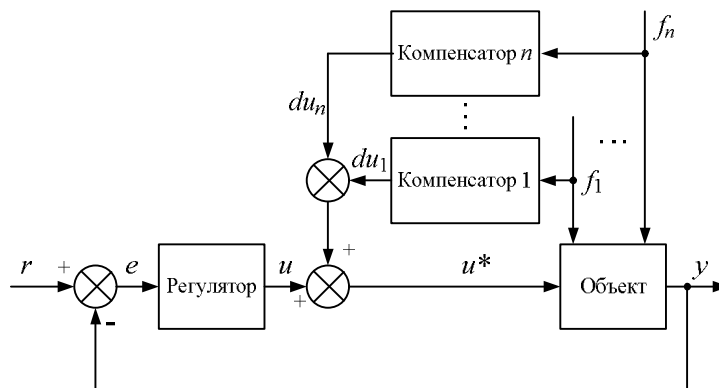


Рис. 1. Структурная схема комбинированной системы регулирования

Одним из вариантов компенсации слагаемых по возмущениям в (1) является использование принципа инвариантности, который заключается в том, что отклонение выходного параметра от заданного значения должно быть равно нулю при любых задающих или возмущающих воз-

действиях [1]. Обозначим передаточные функции компенсаторов и регулятора через $C_1(s), \dots, C_n(s)$ и $R(s)$, тогда уравнение для комбинированной системы можно записать в следующем виде:

$$Y(s) = \frac{R(s)P(s)}{1 + R(s)P(s)}r(s) + \frac{P_{f1}(s) + P(s)C_1(s)}{R(s)P(s)}F_1(s) + \dots + \frac{P_{fn}(s) + P(s)C_n(s)}{R(s)P(s)}F_n(s). \quad (2)$$

Отсюда следует, что уменьшить влияние внешних возмущений можно

двумя способами: увеличивая петлевое усиление контура с обратной связью

$P(s)R(s)$ или выбрав
 $P_{fi}(s) + P(s)C_i(s) = 0$, то есть
 $C_i(s) = -P^{-1}(s)P_{fi}(s), i = \overline{1, n}. \quad (3)$

Повышение коэффициента передачи контура $P(s)R(s)$ приведет к снижению запасов устойчивости и ухудшению качества переходных процессов. Таким образом, для обеспечения инвариантности системы регулирования по отношению к какому-либо возмущению необходимо найти $P^{-1}(s)$. Достижение полной инвариантности в реальных системах управления практически недостижимо, например, из-за неточности математического описания объекта, возможности измерения возмущения или физической реализуемости компенсатора. Кроме того так же «идеальные» компенсаторы физически нереализуемы если:

- время чистого запаздывания по каналу управления больше, чем по каналу возмущения;
- степень полинома числителя передаточной функции компенсатора больше степени полинома знаменателя.

По этим причинам обычно ограничиваются частичной инвариантностью или принимают $P^{-1}(s) = P_{fi}^{-1}(0)$, что существенно упрощает задачу нахождения обратной модели объекта управления.

Если передаточная функция компенсатора не удовлетворяет условиям физической реализуемости, возникает необходимость подобрать «реальный» компенсатор более простой структуры. Для этого нужно [1]:

- 1) определить рабочую частоту ω_p замкнутой системы;
- 2) выбрать «реальный» компенсатор и определить параметры из условия приближенной инвариантности в наиболее существенном для системы диапазоне частот.

Рабочую частоту ω_p обычно принимают равной критической частоте, при которой замкнутая система регулирования будет находиться на границе устойчивости.

Синтез компенсатора в комбинированной системе управления температурой сернистого ангидрида

Рассмотрим методику синтеза компенсатора на примере системы управления температурой газов $T_{п.г.1}$ на выходе печь-котла в технологической схеме производства серной кислоты из сероводородного газа [4]. Рассмотрим условия инвариантности по каналу возмущения - расход сероводородного газа $G_{топ}$ для системы, представленной на рис. 2.

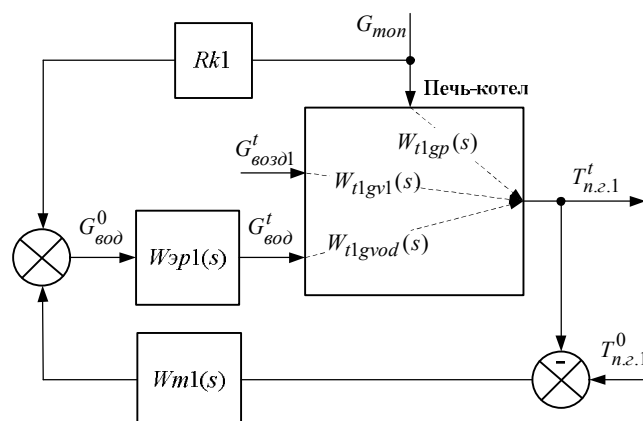


Рис. 2. Структурная схема комбинированной системы управления температурой первичных продуктов горения

Переходя к изображениям по Лапласу $G_{mon}(s)$, $T_{n.z.1}(s)$ сигналов $G_{mon}(t)$ и $T_{n.z.1}(t)$, запишем условие инвариантности с учетом передаточных функций, по каналам, связывающим возмущающие

воздействие с регулируемой координатой Уравнение для температуры первичных продуктов горения

$$T_{n.z.1}(s) = G_{mon}(s)[W_{t1gp}(s) + Rk_1 W_{t1gvod}(s)W_{эп1}(s)] \equiv 0, \quad (4)$$

где $W_{эп1}(s) = \frac{W_{p1}(s)W_{np}(s)}{1 + W_{p1}(s)W_{np}(s)}$ – эквивалентная передаточная функция замкну-

той системы управления расходом воды;

$W_{p1}(s)$ – передаточная функция регулятора расхода воды;

$W_{np}(s)$ – передаточная функция регулирующего органа;

$W_{t1gp}(s)$ – передаточная функция по каналу возмущения «расход сероводородного газа – температура первичных продуктов горения»;

$W_{t1gvod}(s)$ – передаточная функция по каналу управления «расход воды – температура первичных продуктов горения».

На основании уравнения (4) получим передаточную функцию для «идеального» компенсатора

$$Rk_1(s) = -\frac{W_{t1gp}(s)}{W_{t1gvod}(s)W_{эп1}(s)}. \quad (5)$$

Для нахождения матричной передаточной функции по каналам управления и возмущения использовалась линеаризованная модель [5]. В результате передаточная функция «идеального» компенсатора имеет вид:

$$Rk_1(s) = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_{m-1} s + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n}, \quad (6)$$

где $n = 5$ и $m = 7$.

Передаточная функция (6) не удовлетворяет условиям физической реализуемости, поэтому найдем «реальный» компенсатор более простой структуры.

Контур регулирования температуры газа $T_{п.г.1}$ за счет изменения расхода воды $G_{вод}$ имеет критическую частоту равную 23,6 рад/с. Эта частота определена с помощью средств пакета MATLAB&SIMULINK, а именно блока PID Controller входящего в состав библиотеки Continuous пакета SIMULINK [6].

Для выбора типа реального компенсатора необходимо построить частотные характеристики «идеального» компенсатора в диапазоне частот $\omega = [0 \ \omega_p]$, выполнить это можно при помощи функции nichols(), bode() или nyquist() входящих в состав Control system Toolbox пакета MATLAB [7].

В результате определены значения АЧХ и ФЧХ «идеального» компенсатора (6) на частотах 0 и $\omega_p = 23,6$ рад/с:

$$\begin{cases} A_{k1}(0) = 0,0036; & \text{и} & \begin{cases} A_{k1}(\omega_p) = 0,009; \\ \varphi_{k1}(\omega_p) = 5,80. \end{cases} \\ \varphi_{k1}(0) = 0, & & \end{cases}$$

Поскольку АФЧХ «идеального» компенсатора в интервале $[0 \ \omega_p]$ проходит через первый квадрант, в качестве компенсатора можно выбрать звено с передаточной функцией

$$W(s) = k \frac{T_1 s + 1}{T_2 s + 1}. \quad (7)$$

Для нахождения параметров передаточной функции (7) необходимо найти решение системы

$$\begin{cases} k \frac{\sqrt{(T_1^1 \omega_p)^2 + 1}}{\sqrt{(T_2^1 \omega_p)^2 + 1}} = A_{k1}(\omega_p); \\ \arctg(T_1 \omega_p) - \arctg(T_2 \omega_p) = \varphi_{k1}(\omega_p), \end{cases} \quad (8)$$

В результате получим $k=0,0036$, $T_1=0,55$ и $T_2=0,25$ с.

На рис. 3 построены частотные характеристики «идеального» и «реального» компенсаторов.

где $k = A_k(0) = 0,0036$.

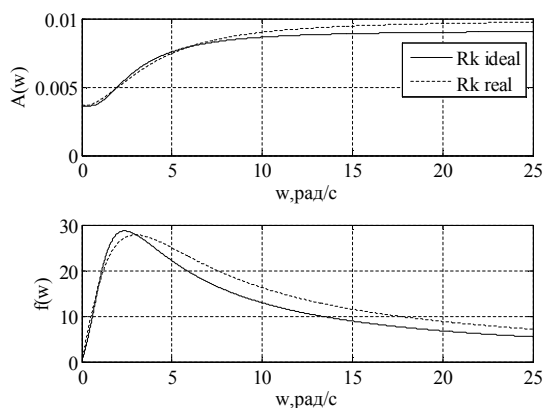


Рис. 3. Частотные характеристики «идеального» и «реального» компенсатора Rk_1

Из графиков на рис. 3 видно, что частотные характеристики «идеального» и «реального» компенсаторов совпадают с достаточной степенью точности.

Выводы

1. Рассмотрены условия нечувствительности регулируемой переменной при действии внешних возмущающих воздействий, заключающиеся в увеличении коэффициента передачи разомкнутого контура или нахождении обратной модели по каналу «управляющие воздействие – регулируемая переменная».

2. Представлена методика выбора структуры и расчета параметров компенсатора при невыполнении условия физической реализуемости из условия приближенной инвариантности в наиболее существенном для системы диапазоне частот.

3. Показано, что в области рабочих частот динамические свойства «идеального» и «реального» компенсатора совпадают с достаточной степенью точности.

Список литературы

1. Автоматическое управление в химической промышленности: [ученик для вузов] // Под. ред. Е.Г. Дудникова. – М.: Химия, 1987. – 368 с.
2. Денисенко В.В. ПИД – регуляторы: вопросы реализации. Часть 1 / В.В. Денисенко // СТА. – 2007. – №4. – С. 86-97.
3. Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / В.В. Шувалов, Г.А. Огаджанов, В.А. Голубятников – М.: Химия, 1991. – 480 с.
4. Чернышев Н.Н. Системная декомпозиция процесса производства серной кислоты как объекта автоматизации. / Н.Н. Чернышев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк: ДонНТУ. – 2010. – Вип. 19 (153). – С. 27-33.
5. Чернышев Н.Н. Модель процесса получения сернистого ангидрида в пространстве состояний / Н.Н. Чернышев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. обчислюва