

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПО ФИКСИРОВАННОЙ ЧАСТОТЕ С НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Как известно, действующая система регулирования в процессе эксплуатации может подвергаться свойственным изменениям в динамике, что влечет за собой потерю качества управления. В подобной ситуации для сохранения эффективности функционирования системы необходимо по заданному критерию качества проводить повторный расчет оптимального закона управления. Однако проводить каждый раз подобные процедуры достаточно громоздко и не целесообразно в случае, если известна закономерность в изменении динамики объекта.

В [1] был рассмотрен случай с расходом потока вещества через трубопровод в качестве объекта управления. Данный технологический параметр зависит от степени открытия регулирующего органа: чем больше степень открытия, тем больше вещества можно транспортировать за единицу времени через данный участок, а значит, и скорость потока будет больше. Недостаток работы [1] заключается в графическом определении параметра изменения, который при разных зависимостях между изменениями параметров объекта будет отличаться. В результате каждый раз необходимо иметь под рукой графики и затрачивать время на определения поправочного коэффициента. Цель же данного труда в обобщении процедуры коррекции параметров ПИ-регулятора по методу вспомогательной функции [2] для всевозможных значений поправочных коэффициентов.

Рассмотрим предлагаемый алгоритм на примере из [1], где в качестве модели объекта управления предлагается следующая непрерывная передаточная функция

$$W_{об}(s) = \frac{K_{об}}{(T_{об} \cdot s + 1)^2}, \quad (1)$$

где $K_{об}$ — коэффициент пропорциональности объекта управления; $T_{об}$ — постоянная времени объекта управления, с; s — оператор Лапласа.

В качестве управляющего устройства используется ПИ-регулятор с передаточной функцией

$$W_{ПИ}(s) = \frac{K_n \cdot T_u \cdot s + K_n}{T_u \cdot s}, \quad (2)$$

где K_n — коэффициент пропорциональности регулятора; T_u — время интегрирования регулятора, с.

Процесс оптимизации разделен на два основных этапа.

На первом этапе проводится проверка фиксированной частоты ω_0 , являющейся резонансной при первоначальной оптимизации системы. Для этого на вход системы подается генератор синусоидальных колебаний круговой частоты ω_0 . После прохождения переходного процесса рассчитывают частотные характеристики замкнутой системы на этой частоте. Если выполняется условие оптимальности

$$A_{зс}^*(\omega_0) = M, \quad (3)$$

где $A_{зс}^*(\omega_0)$ — значение амплитудо-частотной характеристики (АЧХ) замкнутой системы на частоте ω_0 ; ω_0 — фиксированная частота, рад/с; M — заданный частотный показа-

тель колебательности, то система настроена оптимально и подстройки параметров регулятора не требуется. В противном случае проводится определение коэффициентов изменения объекта управления по следующим выражениям

$$D_{Ko} = \frac{A_{3c}^*(\omega_0)}{A_{3c}(\omega_0)} \cdot \sqrt{\frac{1 - A_{3c}(\omega_0) \cdot [2 \cdot \cos(\varphi_{3c}(\omega_0)) + A_{3c}(\omega_0)]}{1 - A_{3c}^*(\omega_0) \cdot [2 \cdot \cos(\varphi_{3c}^*(\omega_0)) + A_{3c}^*(\omega_0)]}}, \quad (4)$$

$$K_1 = \arctg\left(\frac{\sin(\varphi_{3c}(\omega_0))}{\cos(\varphi_{3c}(\omega_0)) - A_{3c}(\omega_0)}\right) + \arctg\left(\frac{1}{T_u \cdot \omega_0}\right), \quad (5)$$

$$K_2 = \arctg\left(\frac{\sin(\varphi_{3c}^*(\omega_0))}{\cos(\varphi_{3c}^*(\omega_0)) - A_{3c}^*(\omega_0)}\right) + \arctg\left(\frac{1}{T_u \cdot \omega_0}\right), \quad (6)$$

$$D_{To} = \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{-K_2}{2}\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{-K_1}{2}\right)}, \quad (7)$$

где $A_{3c}(\omega_0)$ — значение АЧХ замкнутой системы на частоте ω_0 при первоначальной оптимизации; $\varphi_{3c}(\omega_0)$ — значение фазо-частотной характеристики (ФЧХ) замкнутой системы на частоте ω_0 при первоначальной оптимизации; $\varphi_{3c}^*(\omega_0)$ — значение ФЧХ замкнутой системы на частоте ω_0 ; D_{Ko}, D_{To} — меры изменения коэффициента пропорциональности и постоянной времени объекта соответственно; K_1, K_2 — вспомогательные коэффициенты для расчета D_{To} .

На втором этапе проводится расчет новой частоты резонанса и коррекция параметров настройки при постоянном М. Частота резонанса определяется по формуле

$$\omega_p = \frac{\omega_0}{D_{To}}, \quad (8)$$

после чего происходит коррекция параметров регулятора структуры (2)

$$K_n^{onm} = \frac{K_n}{D_{Ko}}, \quad (9)$$

$$T_u^{onm} = T_u \cdot D_{To}. \quad (10)$$

Предлагаемый метод оптимизации позволяет обобщить идеи метода фиксированной частоты [1] на случай отсутствия информации о функциональной зависимости изменений параметров объекта структуры (1). В качестве дальнейших исследований предполагается поиск упрощенных вычислительных алгоритмов для объектов более сложной структуры с применением идей, изложенных в данной работе.

Список литературы

1. Коцемир, И. А. Параметрическая оптимизация действующих локальных систем регулирования по данным о системе на фиксированной частоте / И. А. Коцемир, В. С. Овдей // Донбасс будущего глазами молодых ученых : сборник материалов научно-технической конференции (19 ноября 2019 г.). — Донецк : ДонНТУ, 2019. — С. 32–35.
2. Ротач, В. С. Теория автоматического управления : учеб. для вузов / В. Я. Ротач. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательский дом МЭИ, 2008. — 396 с.