

УДК 681.5.015

И.В. ПРИЛУЦКИЙ, студент гр. 10601222 (БНТУ)
Научный руководитель К.И. АРТЁМЕНКО,
старший преподаватель (БНТУ)
г. Минск

СРАВНЕНИЕ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Экспресс-методы структурно-параметрической оптимизации систем автоматического управления разработаны для расчёта оптимальных значений параметров динамической настройки регуляторов теплоэнергетических объектов. Одним из экспресс-методов структурно параметрической оптимизации является метод полной компенсации (МПК). МПК может быть использован для объектов, передаточная функция которых может быть описана инерционным звеном второго порядка, имеющего запаздывание:

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}e^{-\tau p}}{(Tp+1) \times (\sigma p+1)}, \quad (1)$$

где $k_{об}$ – коэффициент усиления передаточной функции объекта; τ – условное запаздывание объекта, с; T и σ – соответственно большая и меньшая постоянные времени передаточной функции объекта, с.

Для такого объекта по МПК предлагается настраивать регулятор в виде ПИД-регулятора по следующим настройкам:

$$k_p = \frac{T+\sigma}{2k_{об}\tau}, T_i = T + \sigma, T_d = \frac{T+\sigma}{T \times \sigma}, \quad (2)$$

где k_p – коэффициент усиления регулятора; T_i – время интегрирования, с; T_d – время дифференцирования, с.

Также МПК применим для объектов, передаточная функция у которых представлена инерционным звеном первого порядка, обладающего запаздыванием:

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}e^{-\tau p}}{(Tp+1)}. \quad (3)$$

В таком случае, согласно МПК, предлагается использовать ПИ-регулятор с настройками:

$$k_p = \frac{T}{2k_{об}\tau}, T_i = T. \quad (4)$$

МПК может быть использован для объектов, передаточная функция которых представляет усилительное звено с запаздыванием:

$$W_{об}(p) = k_{об}e^{-\tau p}. \quad (5)$$

В этом случае необходимо использовать И-регулятор, коэффициент усиления которого рассчитывается по формуле:

$$k_p = \frac{1}{2k_{об}\tau}. \quad (6)$$

Если объект представляет собой идеальное интегрирующее звено с запаздыванием (7), то согласно МПК для такого объекта необходимо использовать П-регулятор с коэффициентом усиления регулятора, рассчитываемым по формуле (6).

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}e^{-\tau p}}{p}. \quad (7)$$

В том случае, если объект описывается передаточной функцией реального интегрирующего звена (8), в МПК предлагается использовать для такого объекта ПД-регулятор:

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}e^{-\tau p}}{p(Tp+1)}. \quad (8)$$

Указанный выше ПД-регулятор будет иметь следующие настройки:

$$k_p = \frac{T}{2k_{об}\tau}, T_d = T. \quad (9)$$

Также МПК применим для объектов без условного запаздывания, например для инерционного звена первого порядка с передаточной функцией:

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}}{(Tp+1)}. \quad (10)$$

Согласно МПК, в данном случае для объекта применяется ПИ-регулятор со следующими настройками:

$$k_p = \frac{T}{2k_{об}T_{зд}}, T_i = T, \quad (11)$$

где $T_{зд}$ – заданная постоянная времени регулятора (критерий оптимальности), которая рассчитывается с учётом ряда чисел пропорций золотого сечения, где за целое принята постоянная времени объекта T , с.

Кроме МПК для объектов без запаздывания разработан метод частичной компенсации (МЧК). Данный метод применим для объектов, передаточная функция которых представляет собой инерционное звено второго порядка:

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}}{(Tp+1) \times (\sigma p+1)}. \quad (12)$$

Согласно МЧК, для таких объектов используется ПИ-регулятор со следующими настройками:

$$k_p = \frac{K}{k_{об}}, T_i = I \times \sigma. \quad (13)$$

где K – относительное значение коэффициента передачи регулятора; I – относительное значение времени интегрирования.

Указанные выше относительные значения соответственно равны:

$$K = 0,739T^* \times \left(1 + \frac{1}{T^*}\right)^2 - 1, I = \frac{6,36K}{T^* \left(1 + \frac{1}{T^*}\right)^3}, \quad (14)$$

где T^* – отношение большей постоянной времени T к меньшей постоянной времени σ .

Кроме МЧК, предназначенного для объектов без запаздывания разработан метод частичной компенсации с ограничением максимальной величины регулирующего воздействия (МЧКО). Данный метод на подобии МЧК применим для объектов, указанных выше (12).

Для объектов данного вида, согласно МЧКО, предлагается настраивать регулятор в виде ПИ-регулятора со следующими настройками:

$$K = 0,5T^* \times \left(1 + \frac{1}{T^*}\right)^2 - 1, I = \frac{8K}{T^* \left(1 + \frac{1}{T^*}\right)^3}. \quad (15)$$

Выводы:

1. МПК применим для объектов, описываемых передаточной функцией любой сложности, в том числе с условным запаздыванием и без него.
2. МЧК применим только для многоёмкостных объектов, чья передаточная функция представлена инерционным звеном второго порядка, так как для настройки регулятора по МЧК необходимо знать отношение постоянных времени передаточной функции объекта.
3. МЧК можно применять только объектов с условным запаздыванием, но в данном случае будет увеличиваться время регулирования системы автоматического управления объектом, так как в данном методе не предусмотрена компенсация условного запаздывания объекта.

Список литературы:

1. Кулаков, Г. Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования / Г. Т. Кулаков. – Минск : УП Технопринт, 2003. – 134 с.
2. Теория автоматического управления: учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-53 01 04 «Автоматизация и управление теплоэнергетическими процессами», 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции», 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций», 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Г. Т. Кулаков [и др.]; под общ. ред. Г. Т. Кулакова. – Минск : БНТУ, 2017. – 133 с.

Информация об авторах:

Прилуцкий Иван Владимирович, студент гр. 10601222, БНТУ, 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, д. 65

Артёменко Кирилл Игоревич, ст. преподаватель кафедры “Электрические станции” БНТУ, 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, artsiomenkakiryl@bntu.by