

УДК 621.182-5

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ ТИПОВЫХ ДВУХКОНТУРНЫХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
STUDY OF VARIOUS METHODS OF PARAMETRIC OPTIMIZATION
OF TYPICAL TWO-LOOP AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

М.В. Коршун

Научный руководитель – Г.Т. Кулаков, д.т.н., профессор
Белорусский национальный технический университет, г.Минск

M. Korshun

Supervisor – G. Kulakov, Doctor of Technical Sciences, Professor
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье рассмотрены методы расчета параметров оптимальной динамической настройки типовых двухконтурных систем автоматического регулирования.

Abstract: the article considers methods for calculating the parameters of the optimal dynamic setting of typical two-loop automatic control systems.

Ключевые слова: системы автоматического регулирования, настройка, графики, переходные процессы, сравнение.

Keywords: automatic control systems, tuning, graphs, transients, comparison.

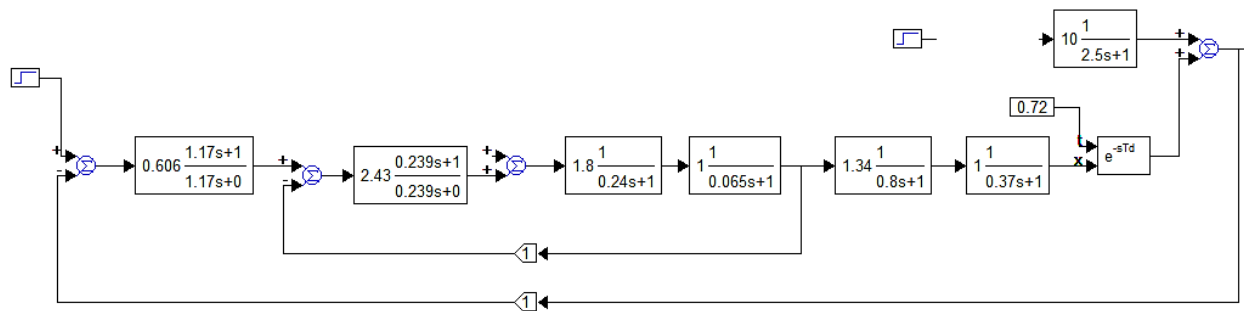
Введение

Максимальное распространение в теплоэнергетике получили типовые двухконтурные системы автоматического регулирования (каскадная система автоматического регулирования (КСАР) и система автоматического регулирования с дифференциатором (САР с дифференциатором)).

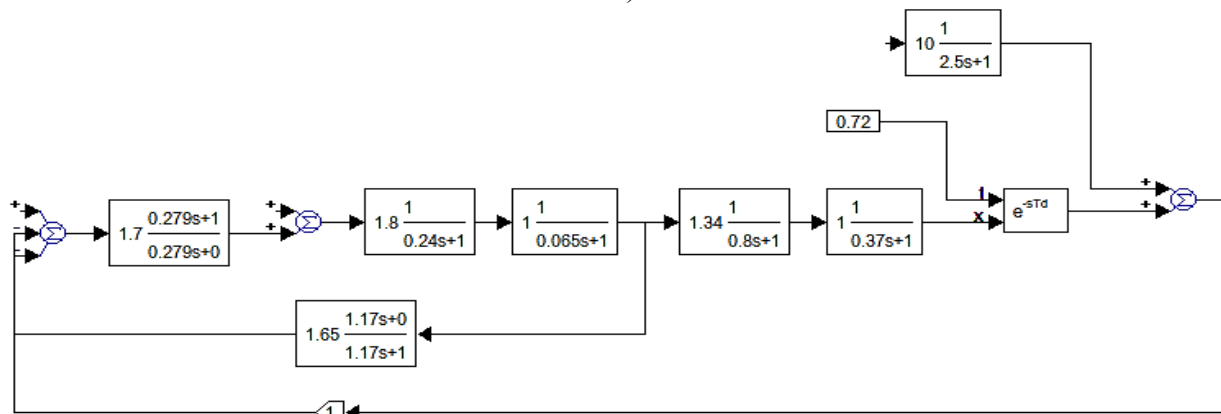
Основная часть

Существует множество методов расчета параметров оптимальной динамической настройки таких систем. В связи с этим актуальной становится проблема выбора оптимального варианта настройки таких систем. Структурные схемы моделирования переходных процессов ТКСАР и САР с дифференциатором приведены на рисунке 1.

Настройку САР с дифференциатором производим по методу частичной компенсации с коэффициентом демпфирования $\xi = \frac{1}{\sqrt{2}}$, по передаточной функции инерционного участка второго порядка с условным запаздыванием. Настройку основного регулятора производим по передаточной функции оптимального регулятора с использованием упрощенной передаточной функции опережающего участка первого порядка с учетом расчетного значения коэффициента дифференциатора.



а)



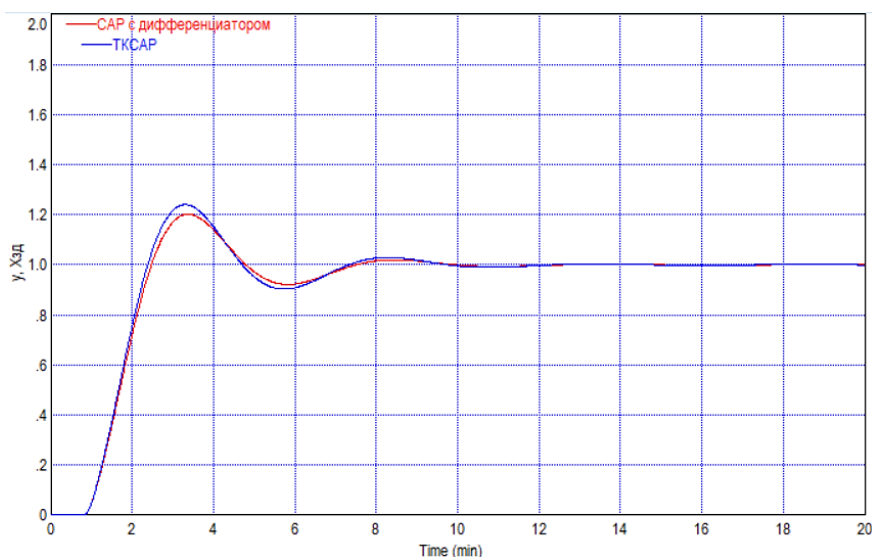
б)

а – КСАР; б – САР с дифференциатором

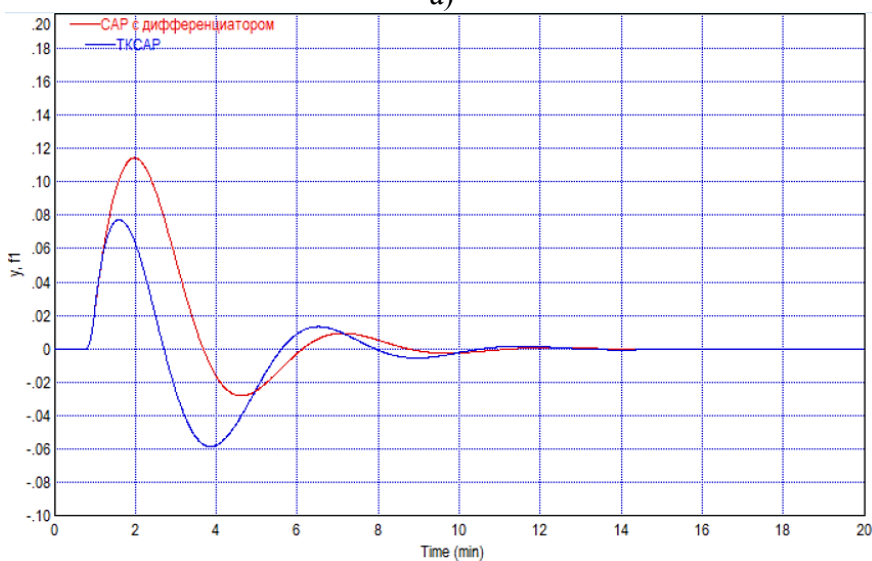
Рисунок 1 – Структурные схемы моделирования переходных процессов типовых двухконтурных систем автоматического регулирования

В данном случае расчет настройки этих систем произведен по методам БНТУ. Стабилизирующий регулятор КСАР настраиваем по передаточной функции опережающего участка по методу частичной компенсации на оптимальную отработку скачка внутреннего возмущения с критерием оптимальности: минимум интеграла квадрата ошибки регулирования в пределах от 0 до полного регулирования и ограничения степени затухания переходного процесса 0,95. Корректирующий регулятор настраиваем по методу полной компенсации в частном виде на оптимальную отработку крайнего внешнего возмущения с коэффициентом демпфирования $\xi = \frac{1}{\sqrt{2}}$, который заменяем скачком задания корректирующего регулятора.

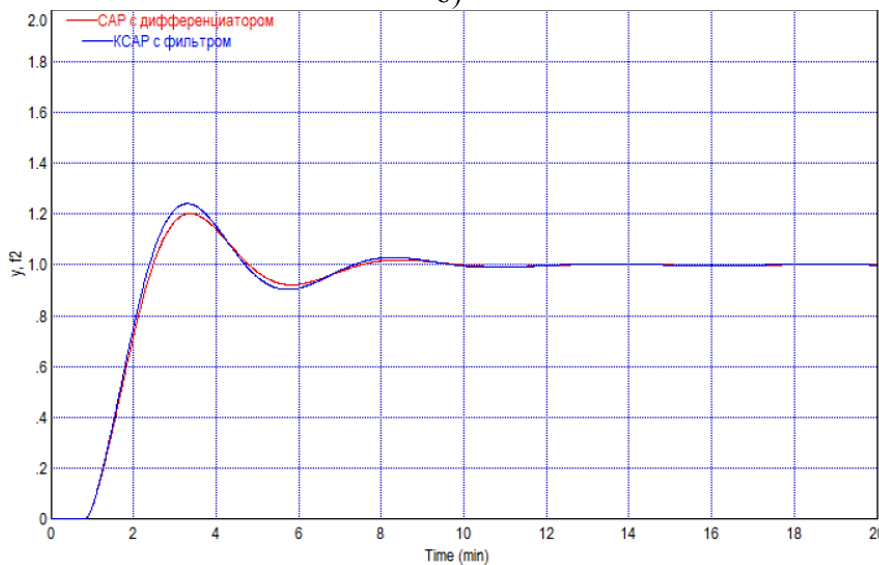
Графики переходных процессов при основных воздействиях приведены на рисунке 2.



а)



б)



в)

а – скачка задания; б – при отработке внутреннего возмущения;
в – при отработке крайнего внешнего возмущения

Рисунок 2 – Графики переходных процессов типовых двухконтурных систем автоматического регулирования при отработке

Из анализа графиков следует, что в обеих схемах максимальная величина перерегулирования при отработке скачка задания превышает расчетные 4,3% от скачка задания. Поэтому в схему КСАР в цепь задания корректирующему регулятору добавляем передаточную функцию фильтра в виде инерционного звена первого порядка с коэффициентом передачи 1 и временем разгона 0,8 минут (рисунок 3).

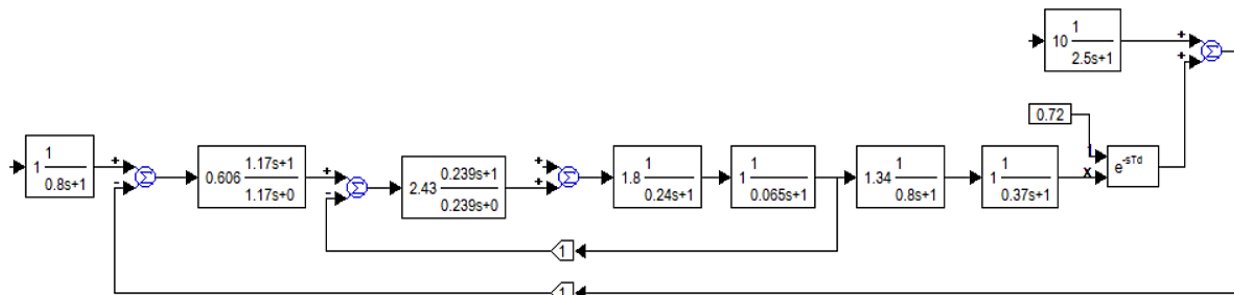


Рисунок 3 – Схема моделирования переходных процессов с фильтром в цепи задания

Соответствующий график отработки скачка задания приведен на рисунке 4, из которого следует, что максимальная величина перерегулирования существенно уменьшилась.

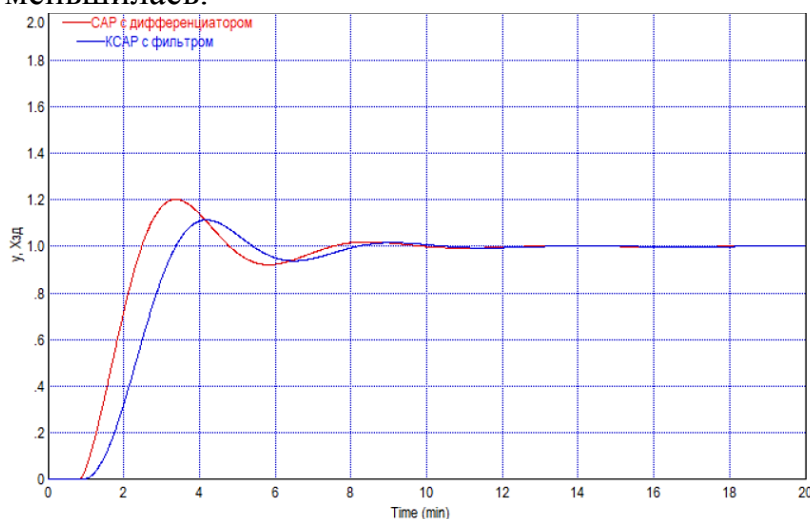
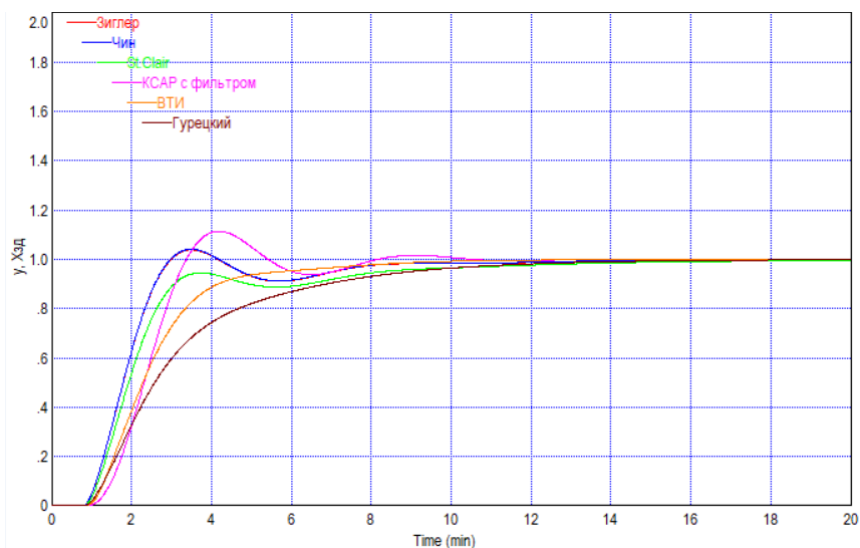


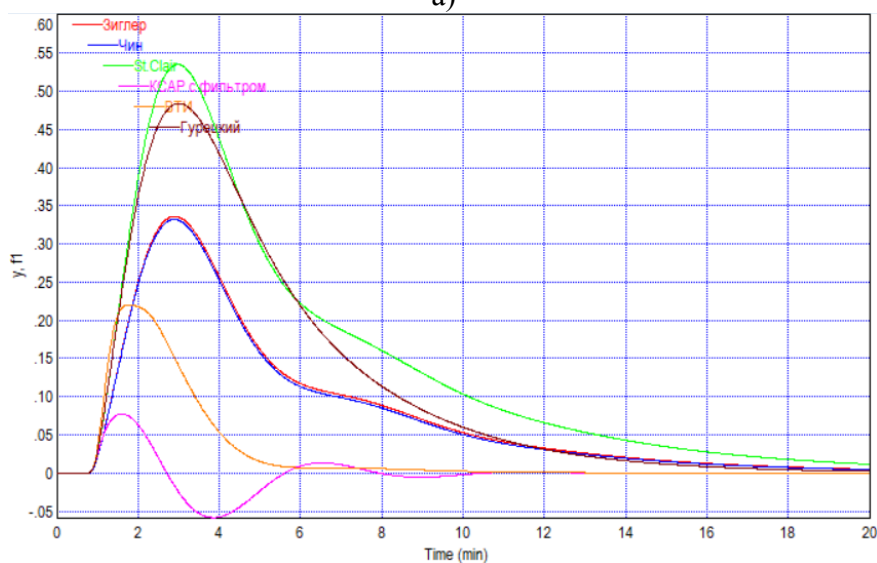
Рисунок 4 – График переходных процессов КСАР с фильтром скачка задания

На рисунке 2б приведены графики отработки внутреннего возмущения, из анализа которых следует, что время регулирования примерно одинаково, а максимальная динамическая ошибка типовой КСАР примерно на 30% меньше, чем у САР с дифференциатором. Графики отработки крайнего внешнего возмущения практически совпадают. Поэтому дальнейшие исследования проводим с КСАР с фильтром в цепи задания.

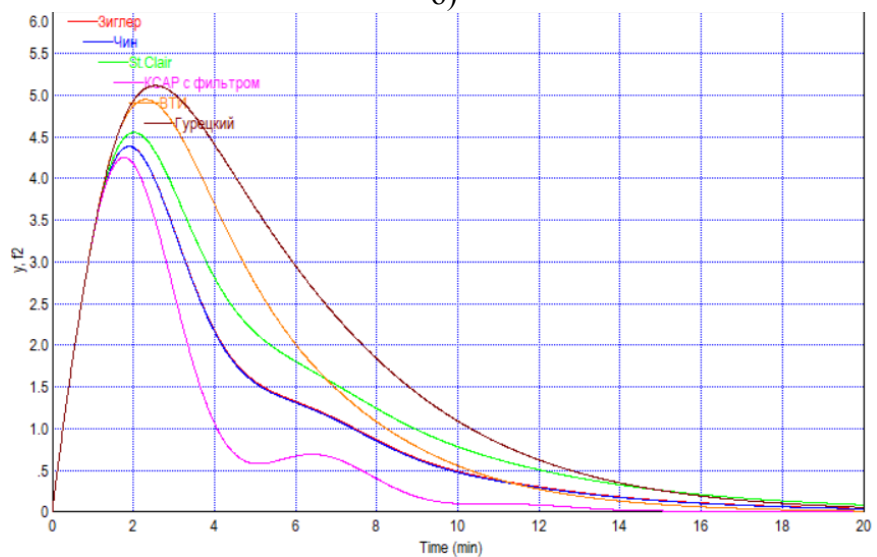
Сравнительному исследованию подверглись методы: БНТУ, ВТИ, Гурецкого, Зиглер, Чин, St.Claire. Из анализов графиков переходных процессов рисунка 5 следует, что время отработки скачка задания при различных методах примерно одинаково, однако минимальное перерегулирование соответствует типовой КСАР БНТУ с фильтром. При этом также достигается максимальная скорость изменения регулируемого параметра при отработке скачка задания в методе БНТУ, что позволяет повысить быстродействие системы при отработке скачка задания.



а)



б)



в)

а – скачка задания; б – внутреннего возмущения; в – внешнего крайнего возмущения
 Рисунок 5 – Графики переходных при различных методах настройки и отработке основных воздействий

Вместе с тем КСАР БНТУ при обработке внутреннего возмущения обеспечивает повышение быстродействия примерно в 2 раза по сравнению с зарубежными аналогами, но соизмеримо с методом ВТИ. Однако, максимальная динамическая ошибка регулирования по методу БНТУ в 3 раза меньше, чем у ВТИ, а также в 7,5 раз меньше, чем у зарубежных аналогов.

Анализ результатов обработки крайнего внешнего возмущения показывает, что максимальная динамическая ошибка на 23% меньше, чем по методу Гурецкого, на 16% меньше, чем по методам Зиглера и Чина. При этом время регулирования с учетом зоны нечувствительности регулятора сокращается примерно вдвое.

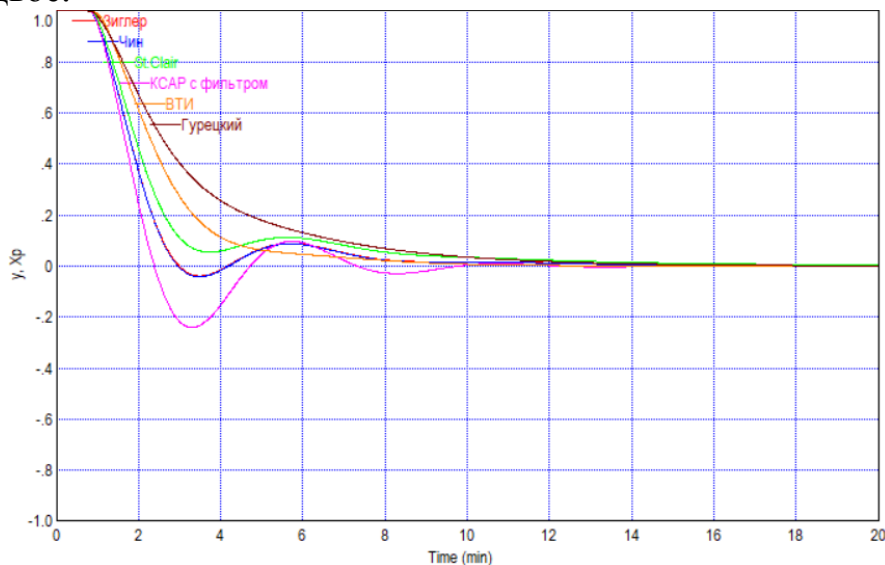


Рисунок 6 – График переходных при различных методах настройки и обработке регулирующего воздействия при обработке крайнего внешнего возмущения

На рисунке 6 приведены графики переходных процессов регулирующего воздействия при обработке крайнего внешнего возмущения, из анализа которых следует, что улучшение качества регулирования по методу БНТУ достигнуто за счет 20% увеличения максимальной величины регулирования воздействия при обработке при обработке крайнего внешнего возмущения.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что для повышения точности и быстродействия при основных воздействиях следует рекомендовать методику БНТУ при расчете настройки стабилизирующего регулятора по методу частичной компенсации, а корректирующего регулятора – по методу полной компенсации в частном виде.

Литература

1. Теория автоматического управления: учебно-методическое пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под общ. ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: БНТУ, 2017. – 133 с.
2. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учеб. пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под. ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 238 с.