

4. фазировка и контроль характеристик исполнительных механизмов;
5. настройка логических и временных взаимосвязей систем сигнализации, защиты, блокировки и управления;
6. проверка правильности прохождения сигналов;
7. подготовка к включению и включение в работу систем автоматизации для обеспечения индивидуального испытания технологического оборудования и корректировка параметров настройки аппаратуры систем в процессе их работы;

Разработанный стенд может использоваться для проведения лабораторных работ по дисциплинам “Монтаж средств автоматики”, а также лабораторных работ по дисциплине “Эксплуатация систем автоматизации”.

Список использованных источников

1. Грунтович, Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования / Н.В. Грунтович, - Минск: Новое знание; М., ИНФА-М, 2013. – 271с.
2. Жур, А.А. Монтаж средств автоматики. : лабораторный практикум / А.А. Жур, – Минск: БГАТУ.2017. – 152с.

**Кулаков Г.Т., д.т.н., профессор, Кулаков А.Т., к.т.н., доцент,
Белорусский национальный технический университет**

Ковалев В.А., к.т.н., доцент

**УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь**

МОДИФИКАЦИЯ ИНВАРИАНТНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ВНЕШНИХ ВОЗМУЩЕНИЙ

В теплоэнергетике широкое распространение получили типовые двухконтурные системы автоматического регулирования (САР) с дифференцированием промежуточного сигнала. Модернизация таких систем с целью улучшения качества регулирования может быть основана на использовании усовершенствованной модификации алгоритма Смита в инвариантных САР с выделением эквивалентных внешних возмущений без их непосредственного измерения [1,2,3].

Структурная схема моделирования переходных процессов в САР с дифференцированием промежуточного сигнала и инвариантной системы в пакете Simulink приведена на рис. 1.

Здесь динамика опережающего участка объекта регулирования задана передаточной функцией инерционного звена второго порядка, инерционного участка – передаточной функцией инерционного звена второго порядка с условным запаздыванием, а крайнего внешнего возмущения инерционным звеном первого порядка.

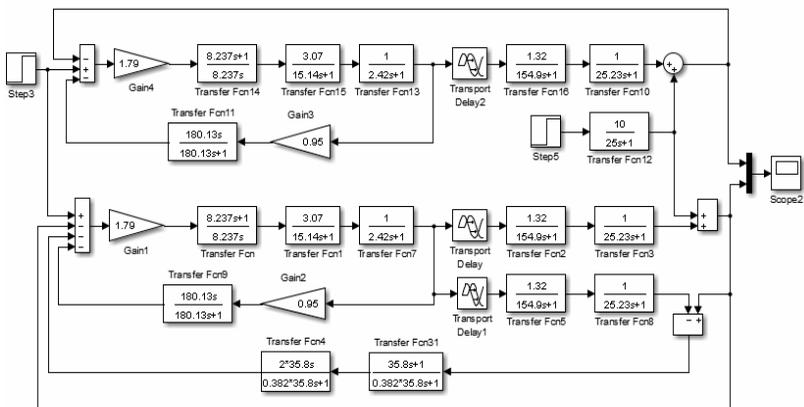


Рисунок 1 – Модели типовой САР с дифференцированием промежуточного сигнала и инвариантной систем

Параметры динамической настройки основного дифференциатора рассчитаны по методу полной компенсации в частном виде, а регулятора – по методу частичной компенсации с учетом коэффициента передачи основного дифференциатора [2].

При этом в инвариантной системе параллельно инерционному участку реализована передаточная функция его модели, динамика которой соответствует динамике реального участка. Разность между основной регулируемой величиной и выходом модели подается на вход устройства компенсации внешнего эквивалентного возмущения, выход которого подключен к входу регулятора.

Структуру устройства компенсации (УК) можно определить следующим образом.

Основная передаточная функция $W_{3Д}(p)$ замкнутой системы при отработке скачка задания имеет следующий вид [2]:

$$W_{Y, X_{3Д}}(s) = W_{3Д}(s) = \frac{1}{2\tau_Y^2 s^2 + 2\tau_Y s + 1}, \quad (1)$$

где τ_Y - условное запаздывание по каналу регулирующего воздействия.

Условие инвариантности по отношению к скачку внешнего возмущения примет вид [3]:

$$W_{УК}^{f_2}(s)W_{3Д}(s) = [1 - W_{3Д}(s)], \quad (2)$$

откуда передаточная функция устройства компенсации будет равно

$$W_{\text{УК}}^{f_2}(s) = \frac{2\tau_Y s(\tau_Y s + 1)}{(T_{3Д} s + 1)^2}, \quad (3)$$

где $T_{3Д}$ - параметр динамической настройки устройства компенсации.

Параметр $T_{3Д}$ настройки, добавленный в знаменатель передаточной функции (3) для физической реализуемости устройства компенсации, равен $T_{3Д} = \gamma\tau_Y$.

При значении коэффициента $\gamma = 1$ передаточная функция устройства компенсации примет вид реального дифференцирующего звена

$$W_{\text{УК}}^{f_2}(s) = \frac{2\tau_Y s}{\tau_Y s + 1}. \quad (4)$$

При практическом использовании таких систем возникает проблема технической реализации модели инерционного участка в виде инерционного звена второго порядка с запаздыванием. Звено запаздывания $W_{\tau}(s)$ можно приближенно заменить инерционным звеном первого порядка с передаточной функцией [4, стр.47]

$$W_{\tau}(s) = e^{-\tau_Y s} \approx \frac{1}{\tau_Y s + 1}. \quad (5)$$

С учетом передаточной функции (5) модель инерционного участка объекта на рисунке 1 можно представить в виде инерционного звена третьего порядка:

$$W_{\text{УК}}^{f_2}(p) = \frac{1,32}{(154,9s + 1)(35,8s + 1)(25,235s + 1)}, \quad (6)$$

где $\tau_Y = 35,8$ с.

Графики переходных процессов в типовой и инвариантной системе автоматического регулирования с дифференцированием промежуточного сигнала при обработке внешнего возмущающего воздействия приведены на рисунке 2.

При этом величина интегральной оценки по модулю регулируемой величины в инвариантной САР (график 2) уменьшается по сравнению с типовой двухконтурной системой с дифференцированием промежуточного сигнала (график 1) при $\gamma = 0,382$ на 40 %.

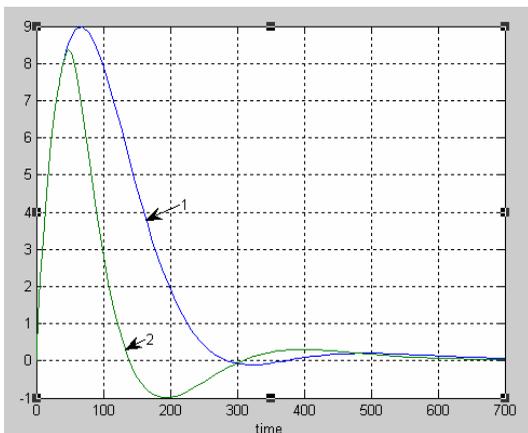


Рисунок 2 - Графики переходных процессов в типовой САР с дифференцированием промежуточного сигнала и инвариантной системе при отработке внешнего возмущения

Простота технической реализации инвариантной САР с дифференцированием промежуточного сигнала позволяет рекомендовать ее для широкого применения в области автоматизации теплоэнергетических процессов.

Список использованных источников

1. Кузьмицкий, И.Ф. Теория автоматического управления: учебник для Вузов/И.Ф. Кузьмицкий, Г.Т. Кулаков. – Минск: БГТУ, 2010. 574с.
2. Кулаков, Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования: справочное пособие/Г.Т. Кулаков. – Минск: Высшэйшая школа, 1984. – 192с.
3. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учеб. пособие/Г.Т. Кулаков [и др.]; под ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: Высшэйшая школа, 2017. – 238с.
4. Ф. Фрер, Ф. Орттенбургер. Введение в электронную технику регулирования/Ф. Фрер, Ф. Орттенбургер. Пер. с нем. – М.: Энергия, 1973. – 192с

Матвеев И.П., к.т.н., доцент, Букенов А.В.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь

МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА AVR

Системы автоматизированного управления электродвигателями, как правило, включают электронные схемы с использованием микроконтрол-