

ИНВАРИАНТНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОТЛА Е-75-3,9-440 ГМ

Кулаков Г.Т., Кравченко В.В., Воюш Н.В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Структурная схема моделирования переходных процессов штатного регулятора тепловой производительности котла (РТПК) приведена на рисунке 1, *a* при штатных параметрах динамической настройки для максимальной нагрузки котла, а предлагаемой инвариантной системы автоматического регулирования (ИСАР) – на рисунке 1, *b*.

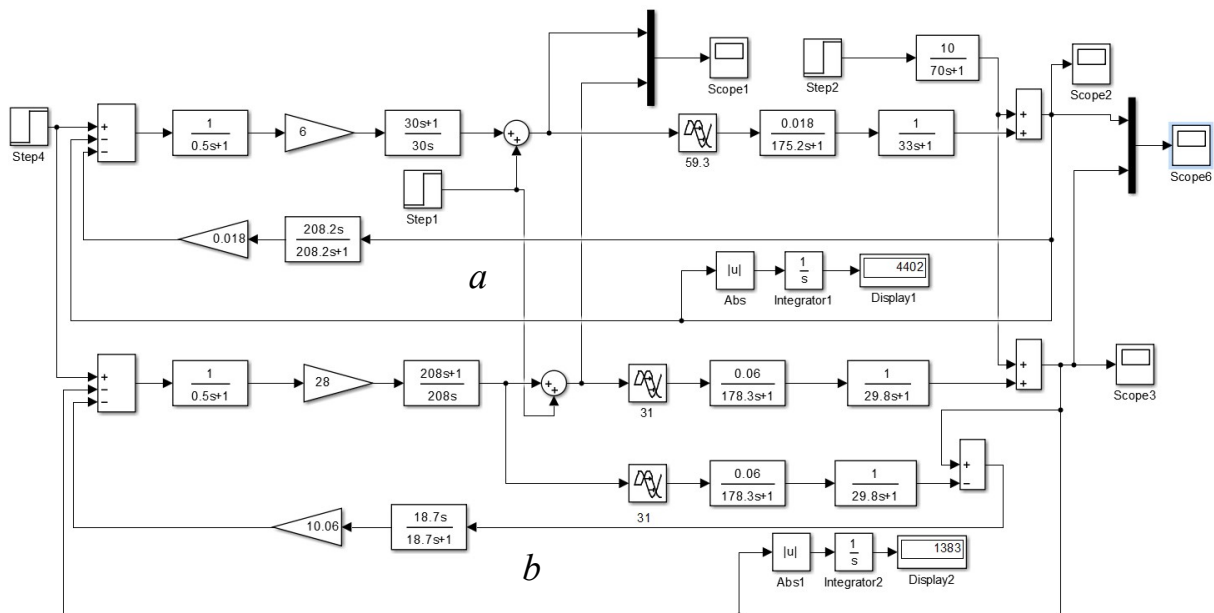


Рисунок 1 – Структурные схемы моделирования переходных процессов штатного РТПК (*a*) и предлагаемой ИСАР (*b*) при максимальной нагрузке котла

Расчет параметров оптимальной динамической настройки ПИ-регулятора ИСАР произведен по методу полной компенсации в частном виде с использованием передаточной функции объекта регулирования:

$$W_1(p) = \frac{k_1 e^{-\tau_{yl} p}}{(T_1 p + 1)(\sigma p + 1)} = \frac{0,018 e^{-59,3 p}}{(175,2 p + 1)(33 p + 1)}$$

В результате передаточная функция идеального ПИ-регулятора примет следующий вид:

$$W_{pl}(p) = \frac{k_{pl}(T_{ил} p + 1)}{T_{ил} p} = \frac{48,8(208,2 p + 1)}{208,2 p}$$

где $T_{и1} = T_{к1} = T_1 + \sigma_1 = 208,2$ с.

Коэффициент передачи регулятора рассчитываем при коэффициенте демпфирования $\zeta_2 = 1$, что обеспечивает устранение перерегулирования при отработке скачка задания по следующей формуле:

$$K_{p1} = \frac{T_1}{4\zeta_2^2 K_1 \tau_y} = \frac{208,2}{4 \cdot 0,018 \cdot 59,3} = 48,8 \quad [1].$$

С учетом времени демпфирования $T_{демпф} = 0,5$ с идеальный ПИ-регулятор превращается в реальный ПИ-регулятор:

$$W_{p2}(p) = \frac{K_{p1}(T_{и1}p + 1)}{T_{и1}p(T_{демпф}p + 1)}.$$

Параллельно реальному объекту формируем его полную математическую модель:

$$W_1^{мод}(p) = W_1(p) = \frac{K_1 e^{-\tau_y p}}{(T_1 p + 1)(\sigma p + 1)}.$$

Разницу между регулируемой величиной и выходом полной модели объекта

$\Delta = y - y_m$ подаем на вход дифференциатора инвариантности с

передаточной функцией вида: $W_d(p) = \frac{K_d T_d p}{T_d p + 1}$, выход которого со

знаком минус подаем на вход реального ПИ-регулятора. При этом расчет параметров динамической настройки дифференциатора инвариантности внешнего возмущения производим по формулам:
 $T_d = 0,09 T_k = 0,09 \cdot 208,2 = 18,7$ с;

$$K_d = \frac{T_k}{T_d} - 1 = \frac{208,2}{18,7} - 1 = 10,1 \quad [2].$$

Графики переходных процессов штатного РТПК и предлагаемой ИСАР с реальным ПИ-регулятором при отработке основных воздействий приведены на рисунке 2.

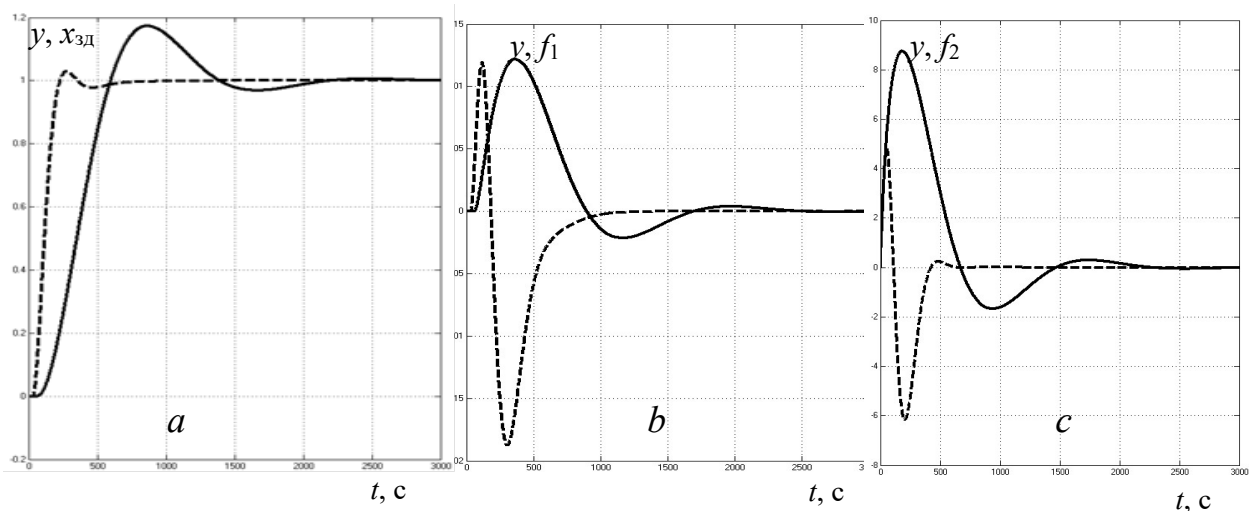


Рисунок 2 – Графики переходных процессов штатного РТПК (сплошные кривые) и предлагаемой ИСАР (штриховые кривые) при обработке скачка задания (*a*), внутреннего (*b*) и внешнего (*c*) возмущений

Из анализа графиков переходных процессов, изображенных на рисунке 2, следует, что ИСАР обеспечивает уменьшение времени отработки скачка задания в 2 раза по сравнению со штатным РТПК. При этом существенно (в 4,5 раза) уменьшается перерегулирование в ИСАР по сравнению со штатной РТПК (рисунок 2, *a*).

При отработке внутреннего возмущения f_1 (рисунок 2, *b*) время регулирования ИСАР уменьшает в 2 раза (штриховая кривая) по сравнению со штатным регулятором тепловой производительности котла (сплошная кривая). Для достижения полной инвариантности по отношению к наиболее опасному внутреннему возмущению, измеряемому дополнительным датчиком, выход которого поступает на вход устройства компенсации этого возмущения с передаточной функцией, обратной передаточной функции реального ПИ-регулятора, выход которого, в свою очередь, подается на вход основного регулятора. При отработке внешнего возмущения ИСАР обеспечивает уменьшение времени регулирования в 2,5 раза (штриховая кривая) по сравнению со штатным РТПК (сплошная кривая), а максимальная динамическая ошибка регулирования уменьшается на 32 % (рисунок 2, *c*).

Вышеизложенное позволяет рекомендовать ИСАР тепловой производительности котла для широкого внедрения на ТЭС ГПО «Белэнерго».

1. Теория автоматического управления: учебное пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под ред. Г.Т. Кулакова. Минск: Вышэйшая школа, 2022. – 197 с.
2. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования: справочное пособие / Г.Т. Кулаков. – Мн.: Вышэйшая школа, 1984. – 192 с.