

УДК 621.182

## РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ САР ПИТАНИЯ БАРАБАННОГО КОТЛОАГРЕГАТА

Петровец А.А.

Научный руководитель – к.э.н., доцент Кравченко В.В.

Проблема анализа и синтеза оптимальных систем автоматического регулирования (САР) является одной из центральных в теории автоматического управления. Решение этой проблемы позволяет существенно повысить экономичность, надежность, долговечность работы технологического оборудования и улучшить условия охраны окружающей среды. Теория оптимального управления позволяет установить структуры систем управления и регулирования, рассчитать оптимальные параметры их динамической настройки, которые обеспечивают предельно высокие показатели качества при учете реальных ограничений, накладываемых на переменные. В этом случае показатели качества выражаются в виде функционалов от указанных переменных, в число которых иногда входит управляющее воздействие. Оптимальная структура и параметры динамической настройки системы регулирования определяются в результате отыскивания экстремумов этих функционалов методами вариационного исчисления. Критерии оптимальности при этом могут быть весьма разнообразны. Выбор их зависит от конкретно решаемой задачи. Такими критериями служат обычно показатели динамических свойств всей системы в целом, экономичность режимов управления объектов и другое. Например, в области автоматизации теплоэнергетических процессов обычно используется квадратичный интегральный критерий оптимальности при ограничении степени затухания переходного процесса или частотного показателя колебательности. Однако, определив структуру и оптимальные параметры динамической настройки системы, мы не можем знать прямые показатели качества замкнутой системы автоматического регулирования без непосредственного расчета оптимальных переходных процессов САР при основных возмущениях.

Трехимпульсный регулятор питания представлен на рисунке 1 [1]:

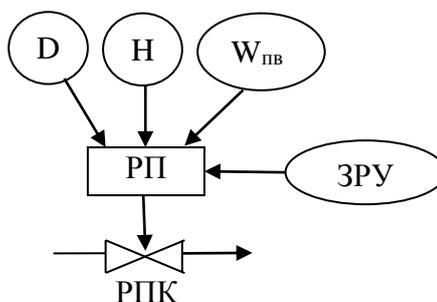


Рисунок 1. Трехимпульсный регулятор питания

Собираем схему регулирования типовой трехимпульсной САР с ПИ-регулятором, параметры динамической настройки которого определяются с учетом того, что типовой ПИ-регулятор охвачен ООС. Настройка ПИ-регулятора определяется по динамике внутреннего быстродействующего контура, динамика которого определяется последовательным соединением запаздывания в импульсных трубах датчика расхода питательной воды, динамикой расхода питательной воды при возмущении РПК, собственно датчиком расхода питательной воды, демпфером из-за пульсаций расхода питательной воды и пара [2].

После моделирования данной схемы, выяснено, что система плохо обрабатывает возмущения и нуждается в оптимизации. Проведя оптимизацию и сравнение данной трехимпульсной САР получились такие графики:

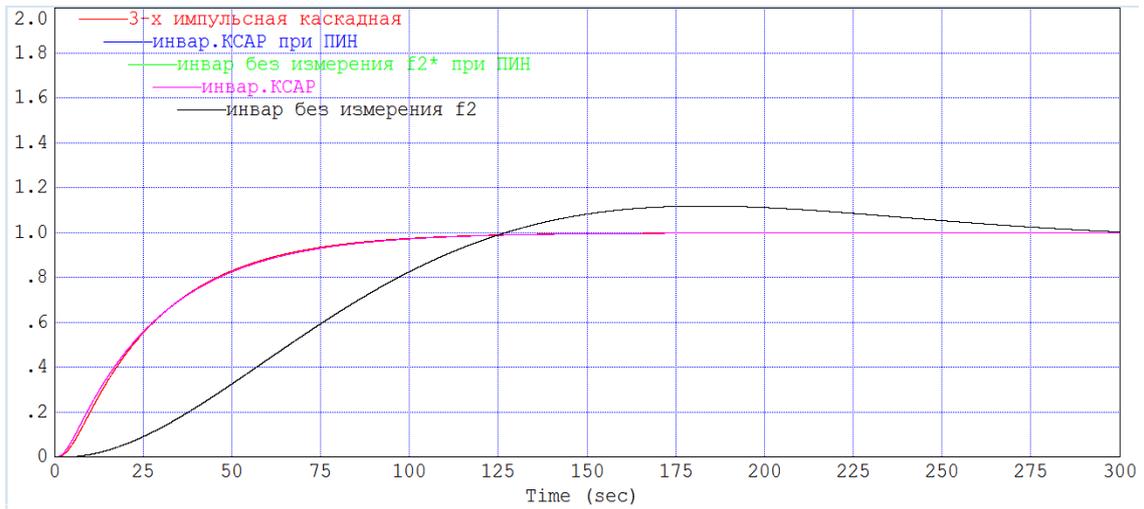


Рисунок 2. Отработка скачка задания Хзд

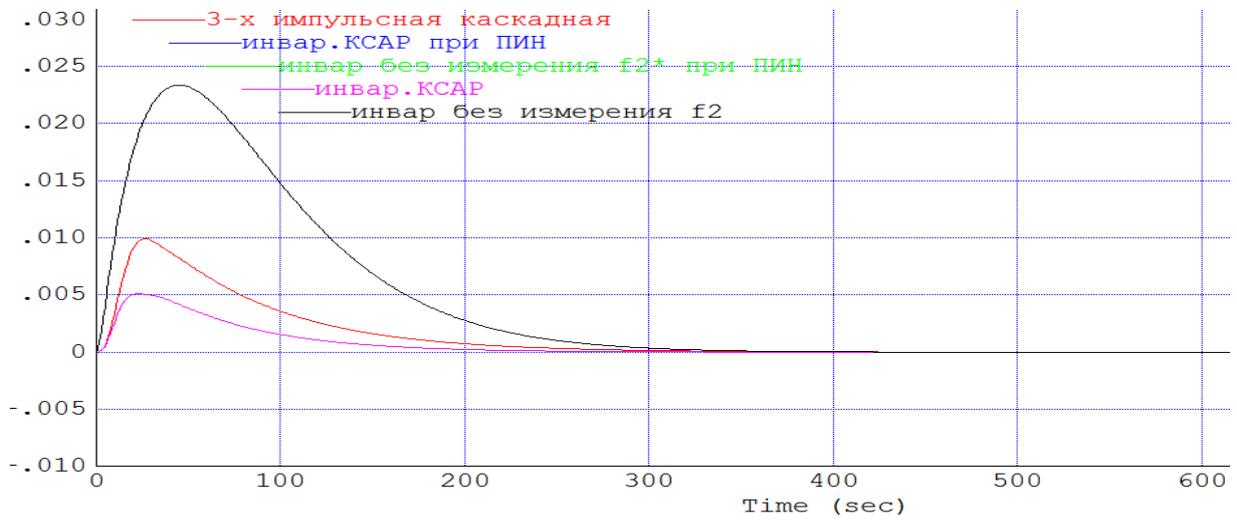


Рисунок 3. Отработка внутреннего возмущения  $f1$

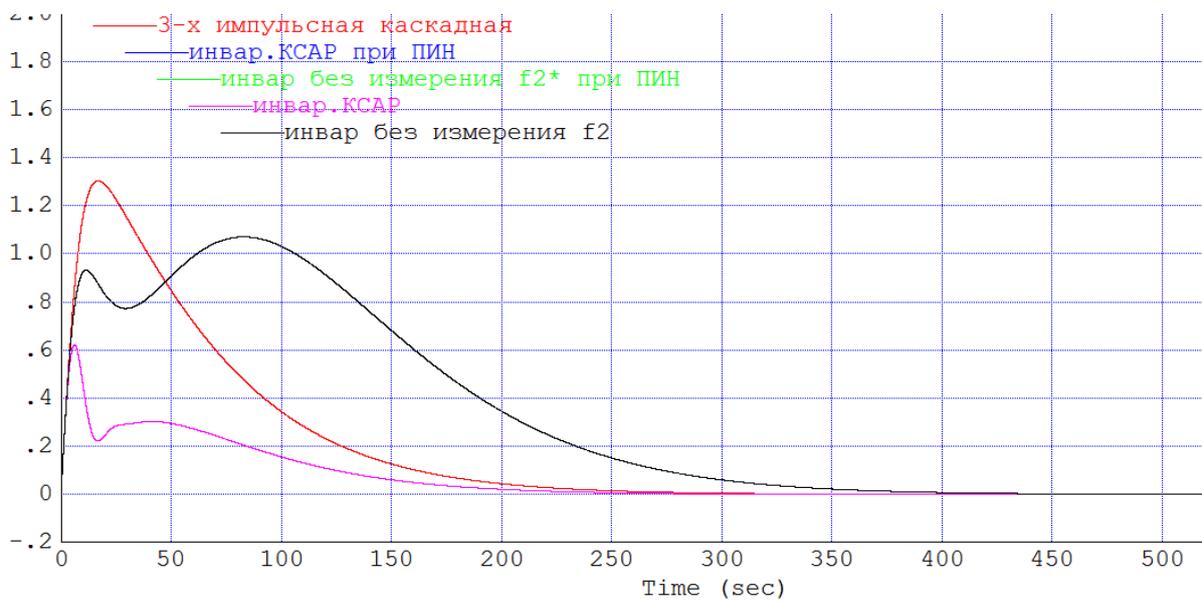


Рисунок 4. Отработка внешнего возмущения  $f2$

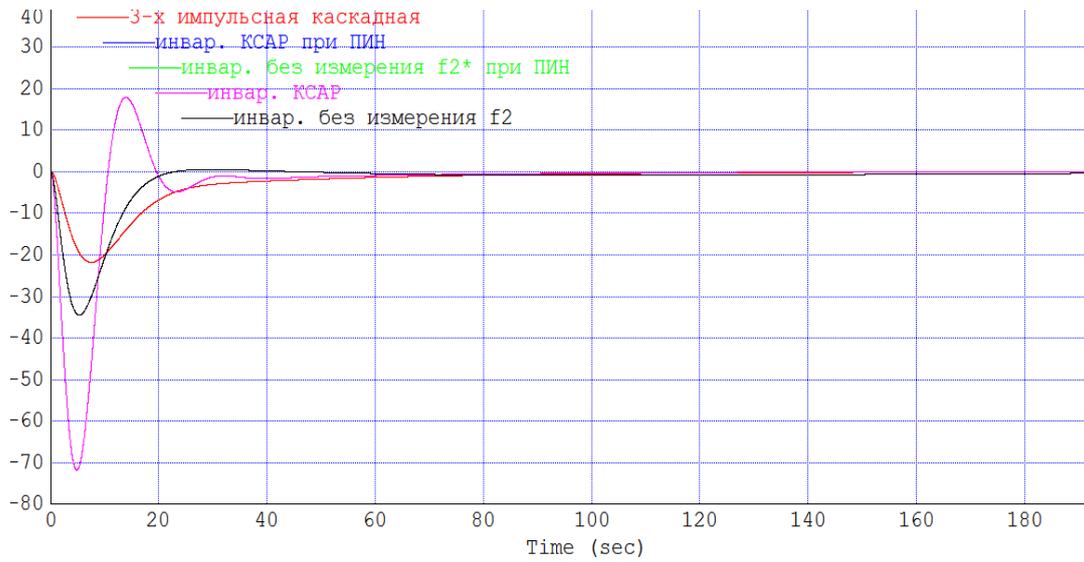


Рисунок 5. Величина регулирующего воздействия  $X_p$

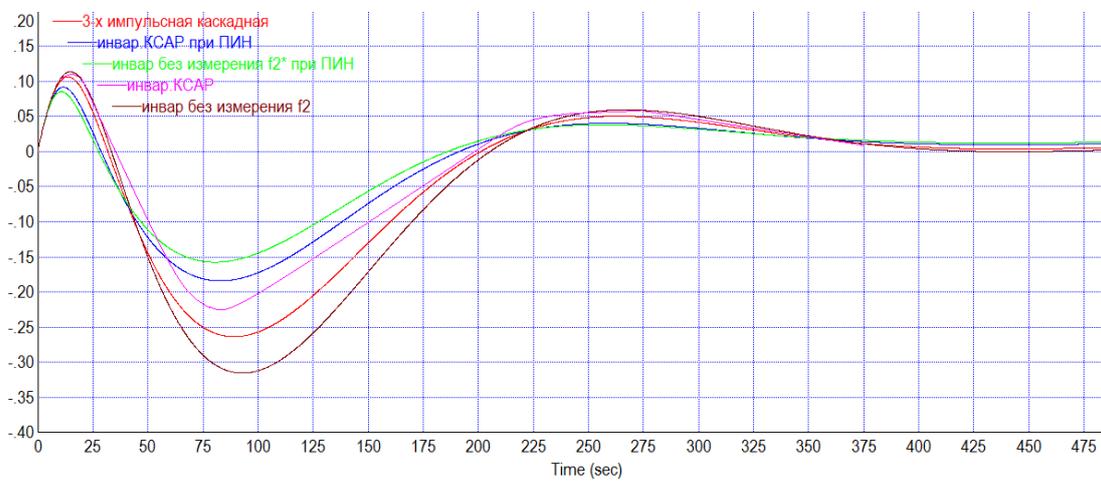


Рисунок 6. Обработка внешнего возмущения с явлением набухания  $f2^*$

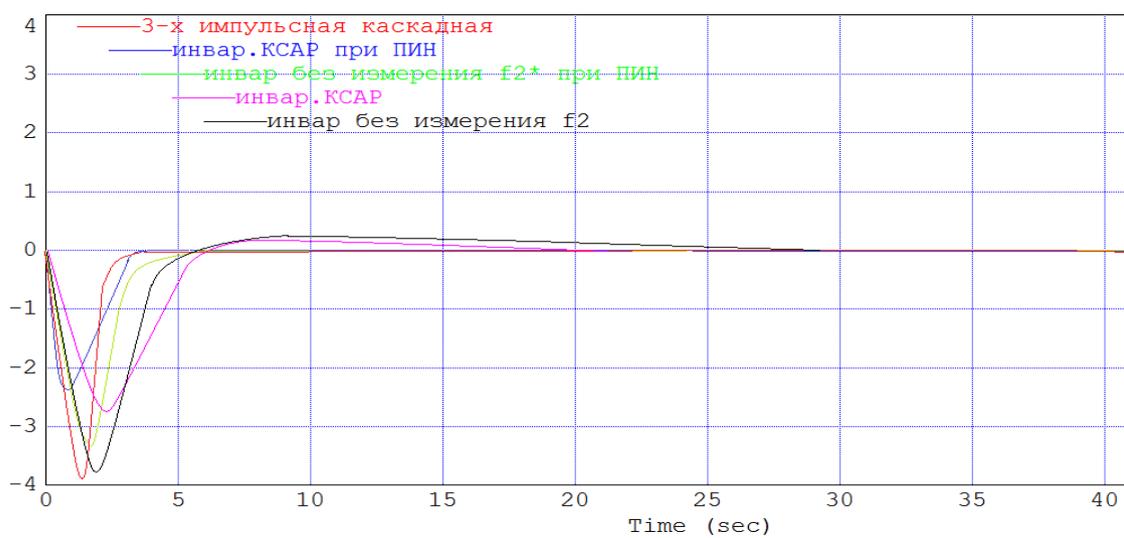


Рисунок 7. Величина регулирующего воздействия  $X_p$

Таблица 1 - Прямые показатели качества

$\gamma$	$X_{зд}$			$f_1$		$f_2$		$f_2^*$		
	tr, с	$\sigma$ , %	$\psi$	tr, с	$A_1^+$ , %	tr, с	$A_1^+$ , %	tr, с	$A_1^+$	$x_p$
3-х импульсная каскадная	300	0	1	300	0,010	246	1,3	400	0,12	3,9
Инвар. КСАР при ПИН	110	0	1	300	0,005	246	0,61	391	0,09	2,4
Без измерения $f_2^*$ при ПИН	110	0	1	300	0,023	246	0,93	391	0,09	3,4
Инвар. КСАР	110	0	1	300	0,005	246	0,61	400	0,13	2,8
Без измерения $f_2^*$	110	11	1	300	0,023	360	1,0	400	0,12	3,8

По результатам анализа прямых показателей качества наиболее оптимальным вариантом является инвариантная КСАР без учета динамики внутреннего контура. Однако величина регулирующего воздействия больше, чем в случае использования инвариантной САР. Если сравнить инвариантную КСАР при ПИН с 3-х импульсной, то по результатам анализа предельных показателей качества наиболее оптимальным вариантом является инвариантная КСАР при ПИН, при отработке внутреннего и внешнего возмущения.

Целью данного проекта было модернизировать типовой регулятор питания барабанного котлоагрегата, чтобы устранить недостатки типовой САР. В ходе моделирования и сравнения прямых показателей качества типовых регуляторов наиболее оптимальным вариантом оказалась КСАР с учетом динамики внутреннего контура. Единственный ее недостаток – величина регулирующего воздействия при внешнем возмущении  $f_2$  ( $X_p=11,7$ ). Для САР с дифференцированием разности 2-х расходов «пар-питательная вода» при отработке скачка задания и внутреннего возмущения график переходных процессов идет в разнос и выходит за пределы зоны нечувствительности, а величина регулирующего воздействия составляет ( $X_p=4,7$ ) [2].

В ходе моделирования и сравнения прямых показателей качества предлагаемых САР лучшим вариантом оказалась КСАР без учета динамики внутреннего контура, однако регулирующее воздействие велико в сравнении с трехимпульсной САР, а также хорошие показатели у двухимпульсной САР с ПИ и ПИД регуляторами. Полное время регулирования у КСАР (tr=153 с) при отработке скачка задания почти в 2 раза меньше, чем у двухимпульсной САР с ПИ и ПИД регулятором (tr=275 с). В трехимпульсной САР при отработке скачка задания, полное время регулирования (tr=375 с) больше, чем у двухимпульсной САР с ПИ и ПИД регулятором. При отработке внутреннего возмущения график не выходит за пределы зоны нечувствительности, а максимальная амплитуда у КСАР в 3 раза меньше, чем в двухимпульсной САР с ПИ регулятором.

В данном проекте проведено сравнение одноконтурной и двухконтурной САР с ПИ и ПИД регуляторами. Лучшие прямые показатели качества у двухконтурных САР с ПИ и ПИД регуляторами (особенно при отработке  $X_p$ ). При сравнении САР с ПИ и ПИД регуляторами, лучшим оказался ПИД при отработке регулирующего воздействия.

Так же в данном проекте проводилось моделирование инвариантных САР. Среди сравниваемых схем, типовой инвариантной САР без измерения внешнего возмущения, инвариантной САР на базе КСАР, оптимальной была выбрана инвариантная КСАР. Инвариантная КСАР была проверена на плановое изменение и на сброс нагрузки, где также показала отличные показатели качества.

#### Литература

1. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов и вузов / Г.П. Плетнев. – 4-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352с., ил.
2. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учеб. пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 238 с.: ил.