

АДАПТАЦИЯ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ К РЕЖИМАМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ

Хакимова А. Н., Первушина Н. А.

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», Снежинск, Челябинская обл.
kb2@vniitf.ru

Аннотация. Представлен результат настройки параметров нечетких регуляторов к различным режимам работы системы стабилизации статически неустойчивого летательного аппарата в канале тангажа. Адаптация параметров регуляторов осуществлялась с помощью генетического алгоритма в соответствии с выбранным режимом работы. Результаты компьютерного моделирования подтвердили высокое быстродействие и качество отработки сигналов управления при различных режимах работы системы стабилизации с нечеткими регуляторами.

Ключевые слова: система стабилизации, беспилотный летательный аппарат, нечеткий регулятор, адаптация, генетический алгоритм.

FUZZY CONTROLLERS ADAPTATION TO OPERATION MODES OF A STABILIZATION SYSTEM

A. N. Khakimova, N. A. Pervushina

FSUE RFNC-VNIITF named after Acad. E.I.Zababakhin, Snezhinsk, Chelyabinsk Region
kb2@vniitf.ru

Abstract. Resulting setting of fuzzy controller parameters is shown for different operation modes of the stabilization system in statically unstable aircraft at a pitch channel. The controller parameters were adapted with a genetic algorithm according to operation mode. Results of the computer simulation confirmed high speed and quality of the control signals execution at varying operation modes of the stabilization system with fuzzy controllers.

Key words: stabilization system, unmanned aircraft, fuzzy controller, adaptation, genetic algorithm.

В настоящей работе приведены примеры адаптации нечетких регуляторов (НР) к режимам работы системы стабилизации (СС) на примере статически неустойчивого летательного аппарата (ЛА) в канале тангажа.

Математические модели двух нечетких регуляторов НР₁ и НР₂ различных по структуре и принципу действия, параметры которых настроены генетическим алгоритмом (ГА) приведены в статье [1].

Целью настоящего исследования является оценка возможности применения разработанных в [1] НР после адаптации (настройки их параметров) в условиях переключения режимов управления в СС.

Результаты компьютерного моделирования работы СС с НР рассмотрены в сравнении с работой СС с классической структурой сигнала управления.

На рис.1а приведены результаты работы СС. Серой линией показан график переходного процесса СС с классическим регулятором, черными линиями – СС с НР. Применение НР в контурах СС после настройки их параметров ГА позволило повысить быстродействие в несколько раз [1]. Значения показателей качества работы СС приведены в таблице 1.

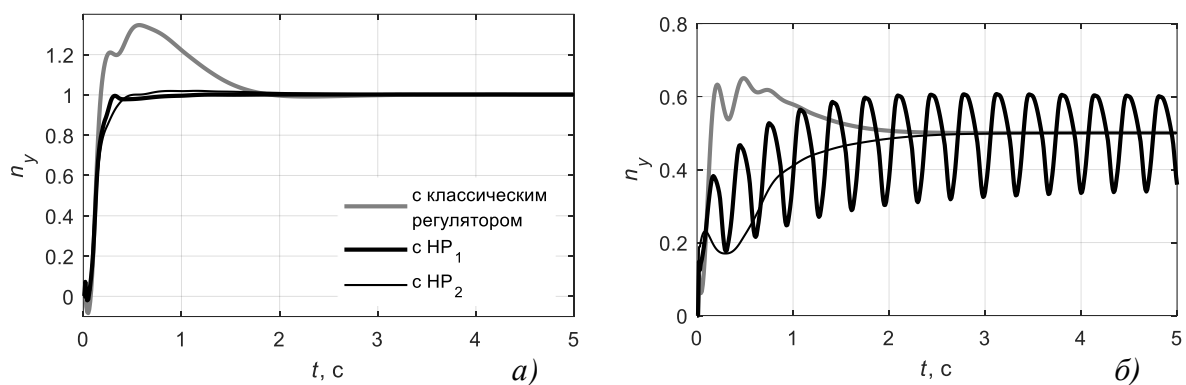


Рис. 1. Графики переходных процессов СС с различными регуляторами

Таблица 1 – Значения показателей качества работы СС

Тип регулятора	Показатель				
	Время регулирования $t_{рег}, c$	Пере-регулирование $\sigma, \%$	Интегральные критерии качества		
			$ИКО = \int_0^5 \Delta n_y^2 t dt, c$	$ИВМО = \int_0^5 \Delta n_y t dt, c$	$ИМО = \int_0^5 \Delta n_y dt, c$
Результаты рис. 1а ($n_{y зад} = 1$)					
Классич.	1,52	35	0,1939	0,2653	0,4374
НР ₁	0,27	0	0,1157	0,0385	0,1629
НР ₂	0,35	0	0,1169	0,0689	0,2008
Результаты рис. 1б ($n_{y зад} = 0,5$)					
Классич.	1,53	30	0,0299	0,1031	0,1701
НР ₁	–	–	0,0805	1,0613	0,5072
НР ₂	1,75	0	0,0687	0,1738	0,2911

Однако, при изменении заданного значения $n_{y зад}$ стабилизируемого параметра – нормальной перегрузки n_y качество переходных процессов СС заметно ухудшается при тех же параметрах НР (см. рис. 1б). В связи с чем, предлагается параметры НР адаптировать к возможным режимам работы с помощью разработанного ГА [1]. Результаты работы СС после настройки параметров НР в соответствии с выбранным режимом работы приведены на рис. 2. Значения показателей качества работы СС приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения показателей качества работы СС после адаптивной настройки

Тип регулятора	Интегральный критерий качества		
	ИКО, с	ИВМО, с	ИМО, с
Результаты рис. 2а ($t = 15 c$)			
Классический	0,4180	6,1256	1,0871
НР ₁	0,2760	2,9692	0,5469
НР ₂	0,2954	3,0558	0,5850
Результаты рис. 2б ($t = 30 c$)			
Классический	0,8491	0,2948	6,3055
НР ₁	0,5685	0,1934	5,7636
НР ₂	0,6608	0,2068	7,6211

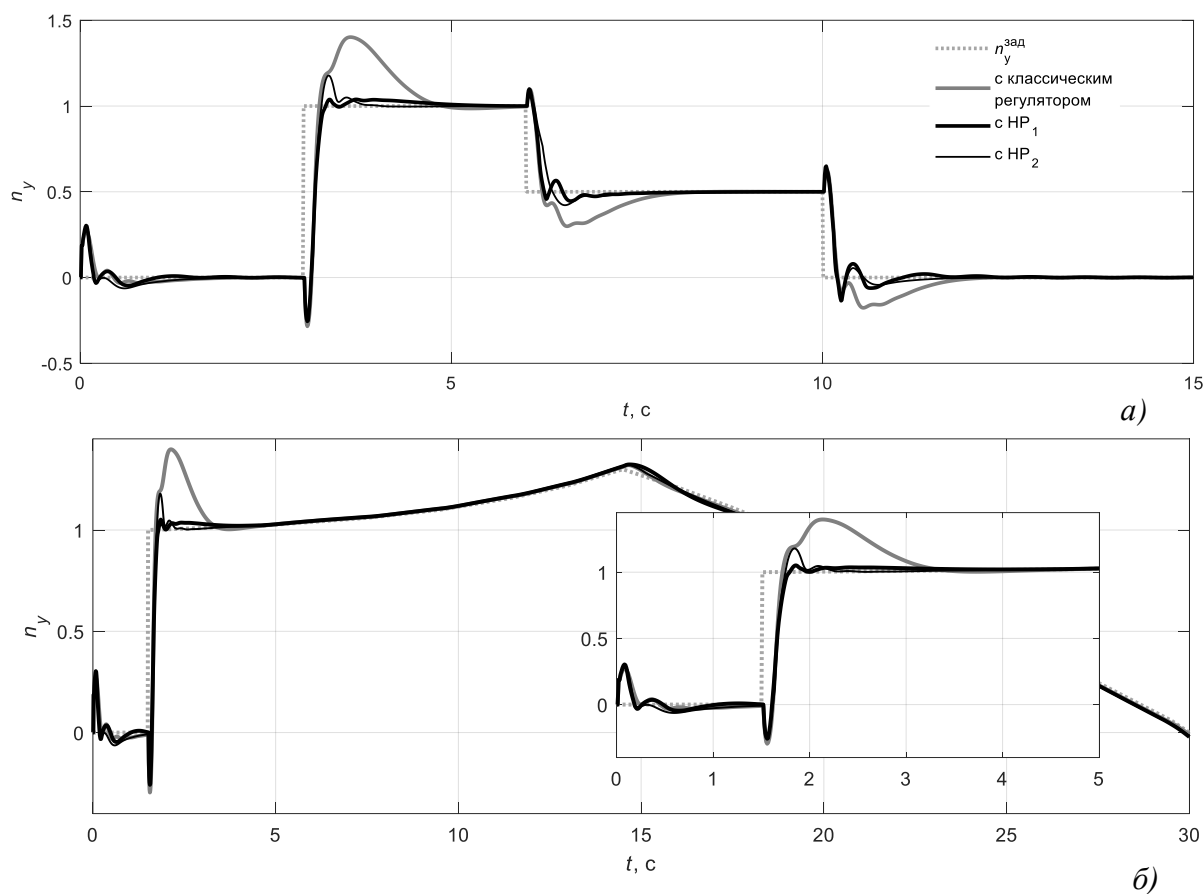


Рис. 2. Результаты работы СС после адаптации НР

Приведенные результаты подтвердили высокое быстродействие и качество отработки сигналов управления при различных режимах работы СС с НР в сравнении с классическим способом управления. Однако, дополнительная настройка параметров НР с помощью ГА трудоемкий процесс, зависящий от производительности вычислительной машины.

Использованные источники:

1. Первушина, Н.А. Разработка математических моделей нечетких регуляторов с настройкой генетическим алгоритмом для стабилизации динамического объекта / Н.А. Первушина, А.Н. Хакимова // Проблемы управления. – № 4. – 2020. – С. 3 – 14.