

УДК 681.516.35

Д.А. Гринюк, Н.М. Олиферович, Т.А. Дайнеко, В.Р. Бержаков
НАСТРОЙКЕ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ПО ИНТЕГРАЛЬНОМУ
КРИТЕРИЮ ПРИ НАЛИЧИИ ШУМОВ

Интегральные критерии часто используются для настройки систем регулирования. Для минимизации интегральных критериев используют различные поисковые алгоритмы. В общем случае интегральный критерий должен быть определен от момента изменения SP (рис. 1.) или F до бесконечности. Однако, синтезе системы в Matlab приходится определиться с временем моделирования.

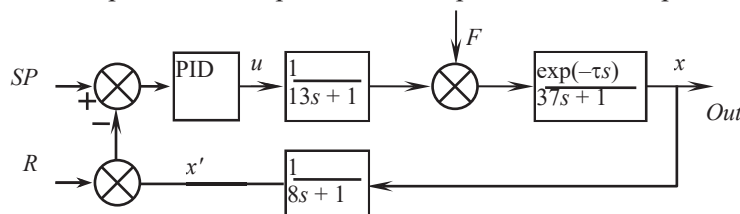


Рис. 1. Структурная схема моделирования системы с ПИД-регулятором. SP – задание; x – физический параметр системы; u – сигнал управления исполнительный механизм; x' – сигнал датчика; F – возмущение

Настройки численного решения дифференциальных уравнений не всегда позволяют получить точное совпадение результатов с теоретическим. В Matlab могут быть выбраны различные решатели дифференциальных уравнений (ode45; ode23; ode113; ode23tb; ode15s; ode23s; ode23t) которые также могут оказать влияние на результат.

При исследовании была произведена настройка ПИД-регулятора путем минимизации интегрального критерия с использованием решателя ode45 при наличии шумов в измерительных данных. Дисперсия случайного сигнала с нормальным распределением сигнала R принимала значения $[0, 3, 0 \cdot 10^{-5}, 0,0001, 0,0003, 0,001, 0,003, 0,01]$. Настройку ПИД-регулятора производили по интегральному критерию при разных значениях запаздывания $\tau = [0, 1, 5, 15]$ в объекте.

Результаты настройки представлены в табл. 1–8. В табл. 4–5 таблицах представлены относительные значения параметров настройки соответственно при $t_M = 500$ к $t_M = 200$ и при $t_M = 350$ к $t_M = 200$ в процентах.

Увеличение времени имитационного регулирования способствует уменьшению коэффициента усиления и времени дифференцирования, которые оказывают существенное влияние на величину дисперсии после регулятора и на выходе. При этом для систем с малой величиной запаздывания это влияние будет более существенным.

$$I = \int_0^{t_M} |x| t^2 dt \rightarrow \min, \quad (1)$$

Таблица 1 – Время дифференцирования при $t_M = 200$

τ	Дисперсия на выходе датчика						
	0	0,00003	0,0001	0,0003	0,001	0,003	0,01
0,1	31,9	31,0	30,6	30,4	29,5	28,4	26,9
5	23,2	23,2	23,0	23,1	23,2	23,1	22,7
15	16,8	16,8	16,8	16,8	16,9	17,3	17,9

Таблица 2 – Коэффициент усиления регулятора при $t_M = 200$

τ	Дисперсия на выходе датчика						
	0	0,00003	0,0001	0,0003	0,001	0,003	0,01
0,1	2,90	2,82	2,80	2,78	2,73	2,69	2,65
5	2,04	2,03	2,02	2,02	2,02	2,03	2,03
15	1,31	1,31	1,31	1,31	1,32	1,33	1,36

Таблица 3 – Время интегрирования при $t_M = 200$

τ	Дисперсия на выходе датчика						
	0	0,00003	0,0001	0,0003	0,001	0,003	0,01
0,1	18,0	18,4	18,6	18,7	19,1	19,6	20,2
5	25,9	25,9	26,1	26,1	26,1	26,2	26,5
15	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,2	40,7

Таблица 5 – Сравнение значений интегральных критериев

τ	Дисперсия на выходе датчика													
	0		0,00003		0,0001		0,0003		0.001		0.003		0.01	
	FI_1	FI_2	FI_1	FI_2	FI_1	FI_2	FI_1	FI_2	FI_1	FI_2	FI_1	FI_2	FI_1	FI_2
0,1	103	103	567	222	1144	294	843	373	1462	456	1688	505	1811	512
5	104	104	273	143	618	177	413	228	941	306	1291	389	1639	468
15	112	112	146	115	227	118	176	125	332	141	514	173	857	234

Таблица 6 – Коэффициент усиления ПИД-регулятора

τ	Дисперсия на выходе датчика													
	0		0,00003		0,0001		0,0003		0.001		0.003		0.01	
	FK_1	FK_2	FK_1	FK_2	FK_1	FK_2	FK_1	FK_2	FK_1	FK_2	FK_1	FK_2	FK_1	FK_2
0,1	100	100	90,1	94,5	86,6	92,8	81,6	89,4	75,4	84,9	69,8	76,2	49,4	62,4
5	101	101	95,7	97,5	94,0	96,7	92,0	95,1	89,2	92,5	84,9	89,2	65,1	79,0
15	99,5	99,4	98,8	99,2	98,4	99,2	98,2	98,9	96,8	98,5	95,1	97,7	93,0	96,3

Таблица 7 – Время дифференцирования ПИД-регулятора

τ	Дисперсия на выходе датчика													
	0		0,00003		0,0001		0,0003		0.001		0.003		0.01	
	FD_1	FD_2	FD_1	FD_2	FD_1	FD_2	FD_1	FD_2	FD_1	FD_2	FD_1	FD_2	FD_1	FD_2
0,1	99,6	99,7	87,4	92,9	82,9	90,7	76,2	86,2	67,9	79,7	61,4	68,2	39,8	49,3
5	101	100	94,0	96,3	91,7	95,3	89,0	93,0	84,7	89,2	78,8	84,3	57,7	69,7
15	97,0	96,9	96,6	97,0	96,6	97,5	96,9	97,5	95,4	97,3	93,0	96,2	90,3	94,5

Таблица 8 – Время интегрирования ПИД-регулятора

τ	Дисперсия на выходе датчика													
	0		0,00003		0,0001		0,0003		0.001		0.003		0.01	
	FS_1	FS_2	FS_1	FS_2	FS_1	FS_2	FS_1	FS_2	FS_1	FS_2	FS_1	FS_2	FS_1	FS_2
0,1	100	100	90,9	95,0	87,6	93,4	82,8	90,2	77,1	85,9	72,3	78,1	55,1	66,7
5	100	100	96,3	97,8	94,8	97,2	92,8	95,7	90,1	93,2	86,1	90,0	69,3	81,3
15	98,9	98,8	98,5	98,8	98,4	99,0	98,3	98,9	97,3	98,7	95,7	98,0	93,9	96,7

Литература

1. Гринюк, Д.А. Модификация интегральных критериев для повышения запаса по устойчивости / Д.А. Гринюк, И.О. Оробей, И.Г. Сухорукова // Труды БГТУ. № 6, Физ.-мат. науки и информатике. – 2012. – С. 118–121
2. Гринюк Д.А., Оробей И.О., Сухорукова И.Г. Оптимизация каскадной системы регулирования для распределенных объектов на основе интегральных критериев // Труды БГТУ. 2007. № 6: Физ.-мат. науки и информатика. С. 97–100.