

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра САУ

ОТЧЕТ
по практической работе № 1
по дисциплине «Интеллектуальные системы управления»
ТЕМА: ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО
РЕГУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ЗАДЕ-МАМДАНИ

Студент гр. 9492

Викторов А.Д.

Преподаватель

Порохненко К.А.

Санкт-Петербург

2024

Цель работы: ознакомление с пакетом *Fuzzy Logic Toolbox* (MATLAB), построение нечеткого регулятора (НР - *Fuzzy Logic Controller*) на основе алгоритма Заде-Мамдани в пакете *Fuzzy Logic Toolbox*. Эффективность управления системы с нечетким регулятором проверяется по результатам моделирования в *Toolbox Simulink*.

Ход работы

Для исследования нечеткого регулятора проводится сравнительное моделирование переходных процессов систем третьего порядка с ПД-регулятором и с нечетким регулятором. Входами для обоих регуляторов служит величина ошибки и первой ее производной. Результат построения схемы для сравнительного моделирования представлен на рис. 1.

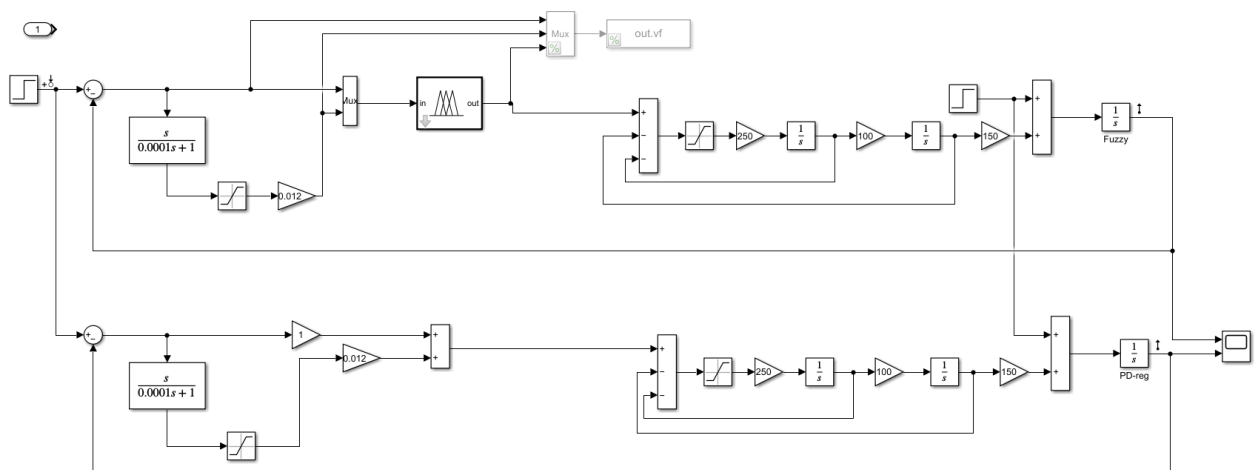


Figure 1 - Схема систем с нечетким и ПД-регулятором

Для проведения исследования необходимо сначала сконфигурировать нечеткий регулятор. Правила и процесс настройки можно увидеть на рис. 2-4.

de \ e	ОБ	ОМ	Н	ПМ	ПБ
ПБ	Н	ПМ	ПМ	ПМ	ПБ
ПМ	ОМ	Н	ПМ	ПМ	ПМ
Н	ОМ	ОМ	Н	ПМ	ПМ
ОМ	ОМ	ОМ	ОМ	Н	ПМ
ОБ	ОБ	ОМ	ОМ	ОМ	Н

Figure 2 - Таблица правил для нечеткого регулятора

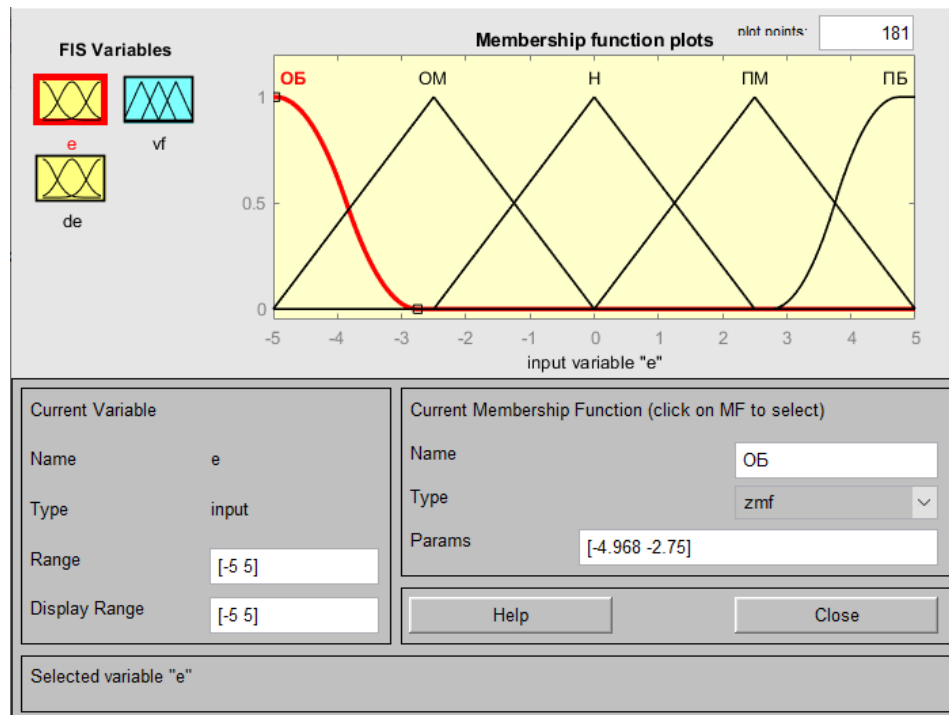


Figure 3 - Вид функций принадлежности

Было проведено сравнение качества регулирования нечеткого и ПД-регулятора на номинальной системе. График переходного процесса можно увидеть на рис. 5. В таблице 1 произведено сравнение основных показателей качества регулирования – времени переходного процесса и перерегулирования. Как можно увидеть, нечеткий регулятор показал себя несколько хуже по перерегулированию, а время переходного процесса – в два раза больше.

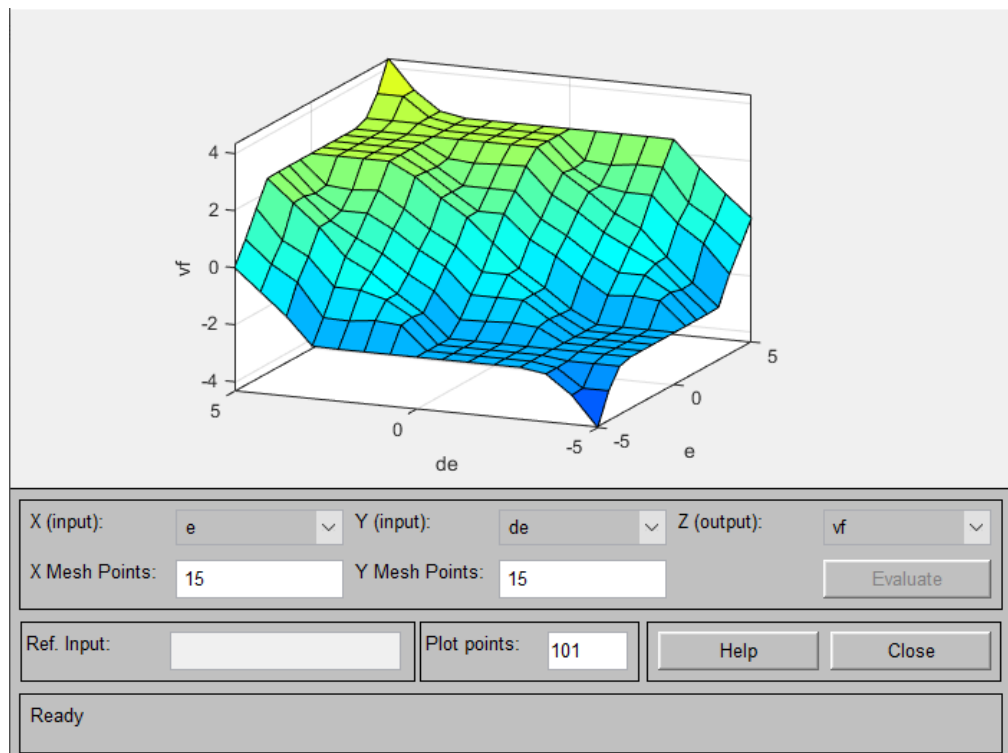


Figure 4 - Поверхность, отображающая поведение нечеткого регулятора

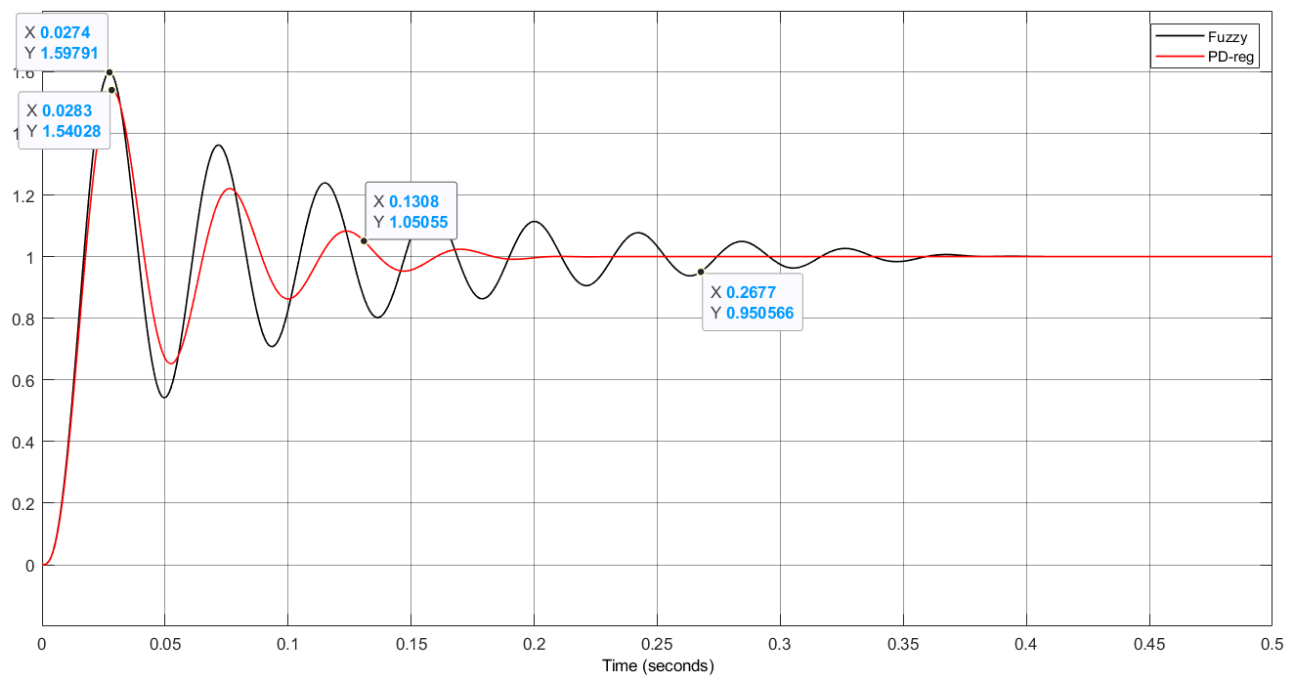


Figure 5 - График переходного процесса номинальной системы

Таблица 1 – Сравнение показателей качества ПХ

	Перерегулирование, σ	Время переходного процесса (5% критерий), t
ПД-регулятор	54 %	0.13 с
Нечеткий регулятор	60 %	0.27 с

С учетом того, что регуляторы были даны как есть и не производилась дополнительная настройка с целью увеличения качества регулирования, сравнивать их в данном случае не имеет практического смысла.

Далее производится сравнение регуляторов в условиях измененной системы ($k_3 = 125$; $k_4 = 200$; $k_5 = 500$). График переходного процесса для этого случая представлен на рисунке 6.

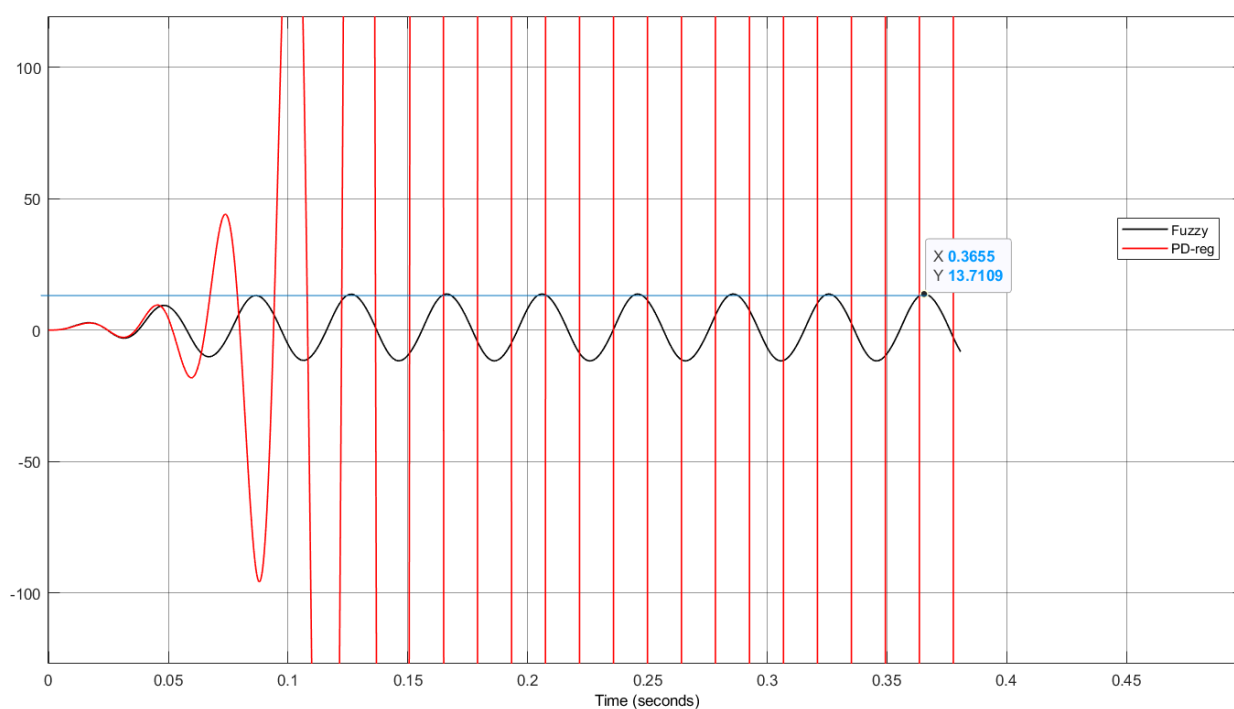


Figure 6 - График переходного процесса системы с измененными коэффициентами

Как видно, из-за изменения коэффициентов системы, появились периодические колебания вокруг состояния равновесия, причем амплитуда колебаний системы с ПД-регулятором на порядок выше, чем у системы с

нечетким регулятором. Ограничение амплитуды происходит вследствие ограничения входных и выходных переменных нечеткого регулятора, а обычный ПД-регулятор не подразумевает подобных ограничений. Однако на практике любая система управления имеет естественные ограничения и нелинейности.

Следующий эксперимент производится при номинальном значении всех коэффициентов системы, однако при введенной нелинейности значением ± 0.15 . подобное ограничение усложняет регулирование, так как ограничивает управляющее воздействие. График переходного процесса представлен на рисунке 7.

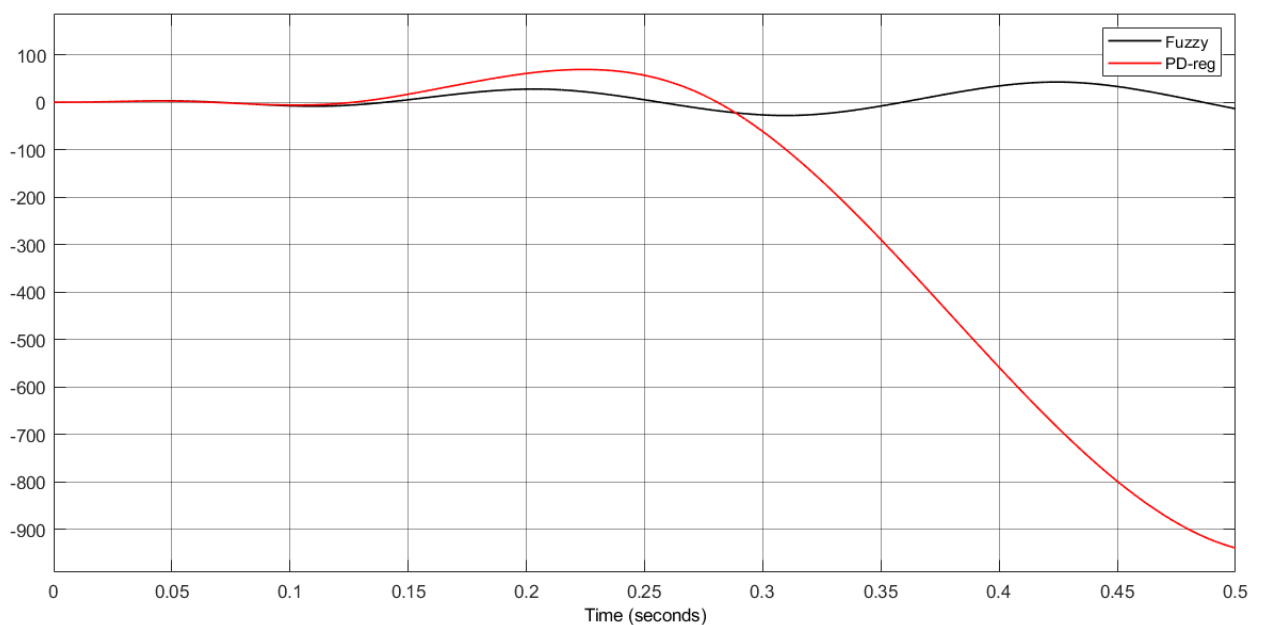


Figure 7 - График переходного процесса системы с насыщением

Как видно из графиков, система с ПД-регулятором пошла в разнос, а система с нечетким регулятором хоть и имеет довольно большую амплитуду колебаний, но все-таки остается стабильной.

Следующий эксперимент производится при наличии внешних возмущений. График переходного процесса представлен на рисунке 8.

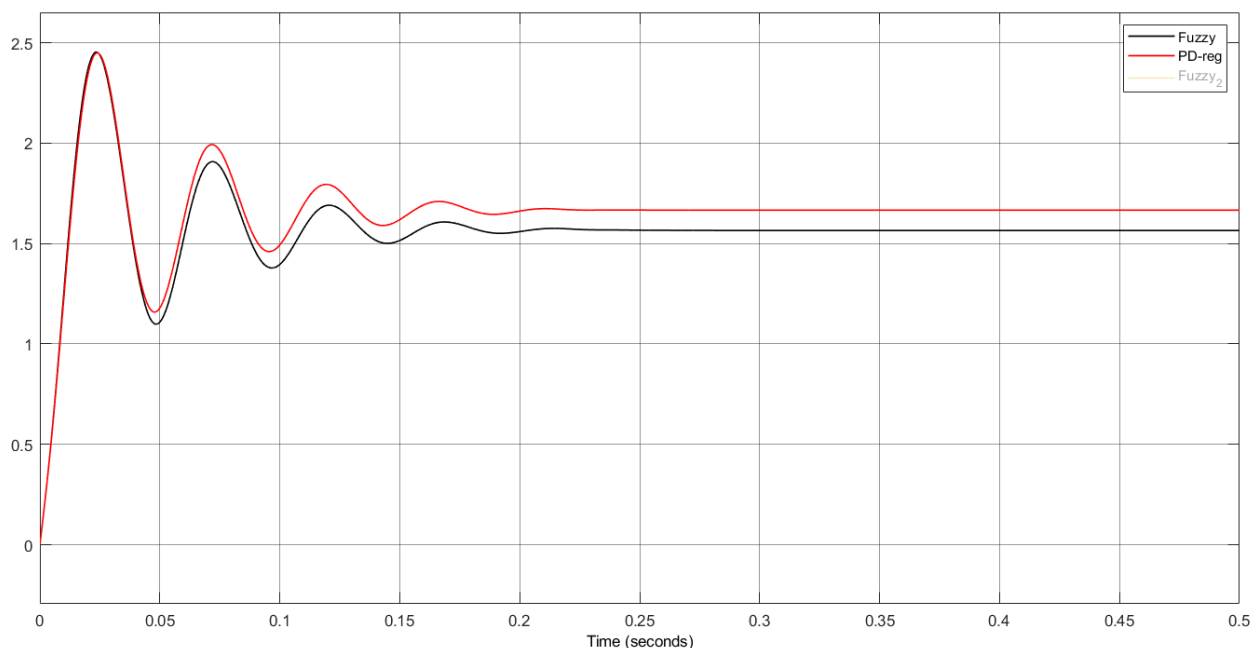


Figure 8 - График переходного процесса при внешних возмущениях

Малые величины внешних возмущений практически не оказывают влияния на качество регулирования, однако при увеличении амплитуды внешнего воздействия становится очевидным преимущество нечеткого регулятора – меньшая статическая ошибка.

Дальнейшее исследование нечеткого регулятора предполагает изменение его настройки. В качестве изменяемого параметра был выбран способ реализации логической операции импликации. Изначально импликация производилась по минимуму, а далее будет введен нечеткий регулятора производящий умножение в качестве импликации.

Сначала предлагается оценить разницу на примере с номинальными коэффициентами системы (рис. 9). Как видно из сравнения графиков ПХ, качество регулирования у нечеткого регулятора при смене способа импликации с \min на prod стало выше в конкретном случае. В таблице 2 представлено количественное сравнение показателей качества.

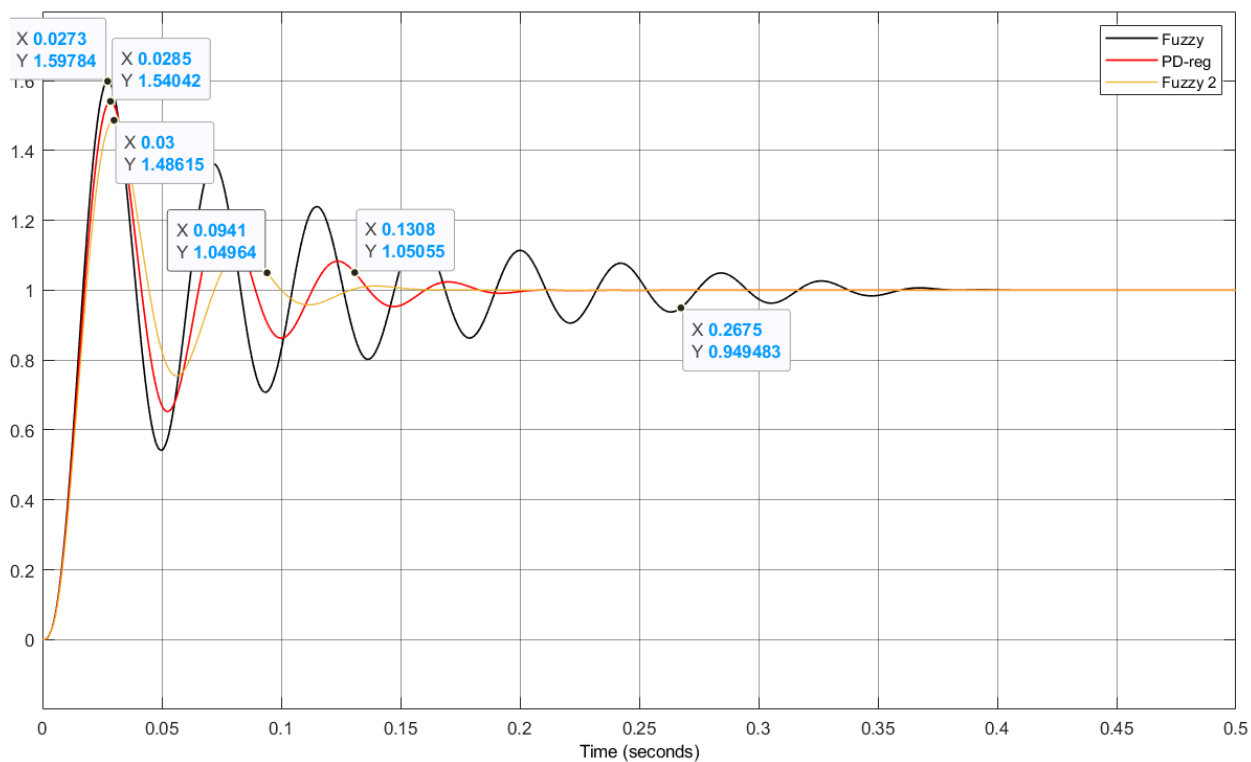


Figure 9 - График переходного процесса с измененном нечетким регулятором

Таблица 2 – Сравнение показателей качества ПХ

	Перерегулирование, σ	Время переходного процесса (5% критерий), t
ПД-регулятор	54%	0.13 с
Нечеткий регулятор (min)	60%	0.27 с
Нечеткий регулятор (prod)	49%	0.09 с

Как можно заметить смена способа импликации позволила поднять показатели качества даже выше, чем у ПД-регулятора.

Следующий эксперимент позволит оценить качество регулирования при наличии в системе насыщения, график переходных процессов представлен на рис. 10.

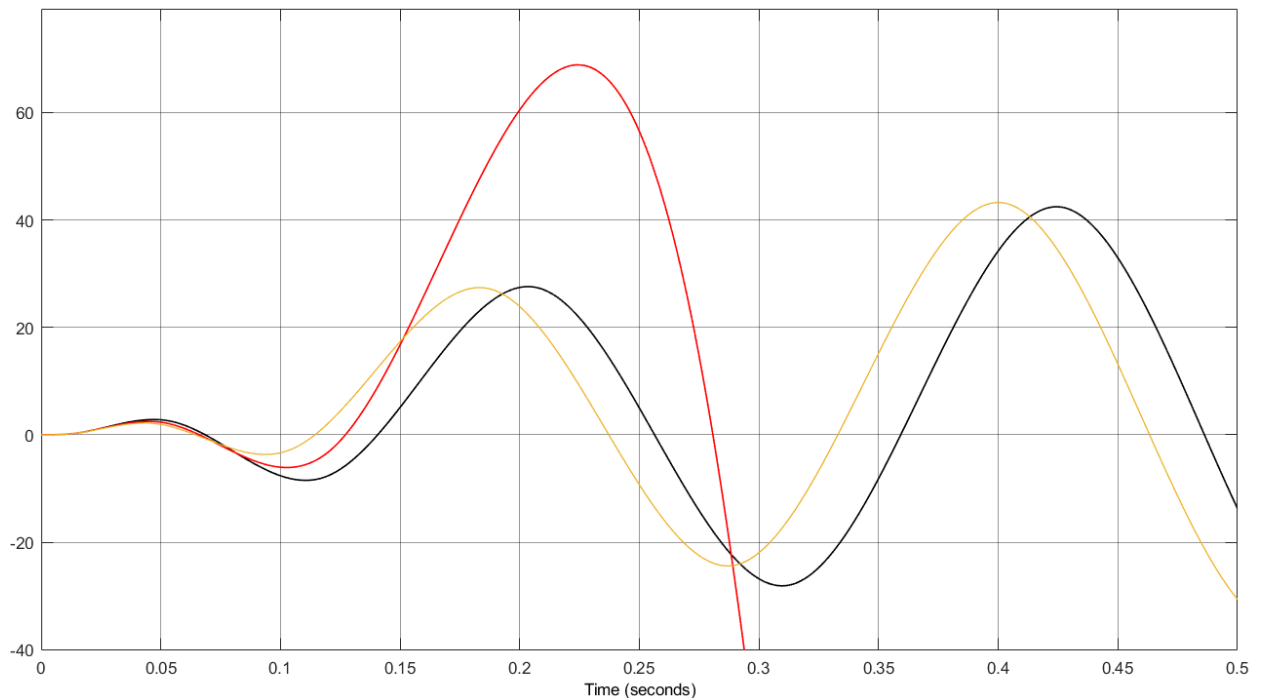


Figure 10 - График переходного процесса при наличии насыщения в системе

Из сравнения этих графиков можно сделать вывод, что способ импликации никак не влияет на качество регулирования при наличии насыщения в системе.

Следующий эксперимент предполагает наличие, внешнего возмущения в системе, график ПХ представлен на рисунке 11 – статическое возмущение, рис. 12 – периодическое возмущающее воздействие. Видно, что в данном случае изменение способа импликации только ухудшило качество регулирования.

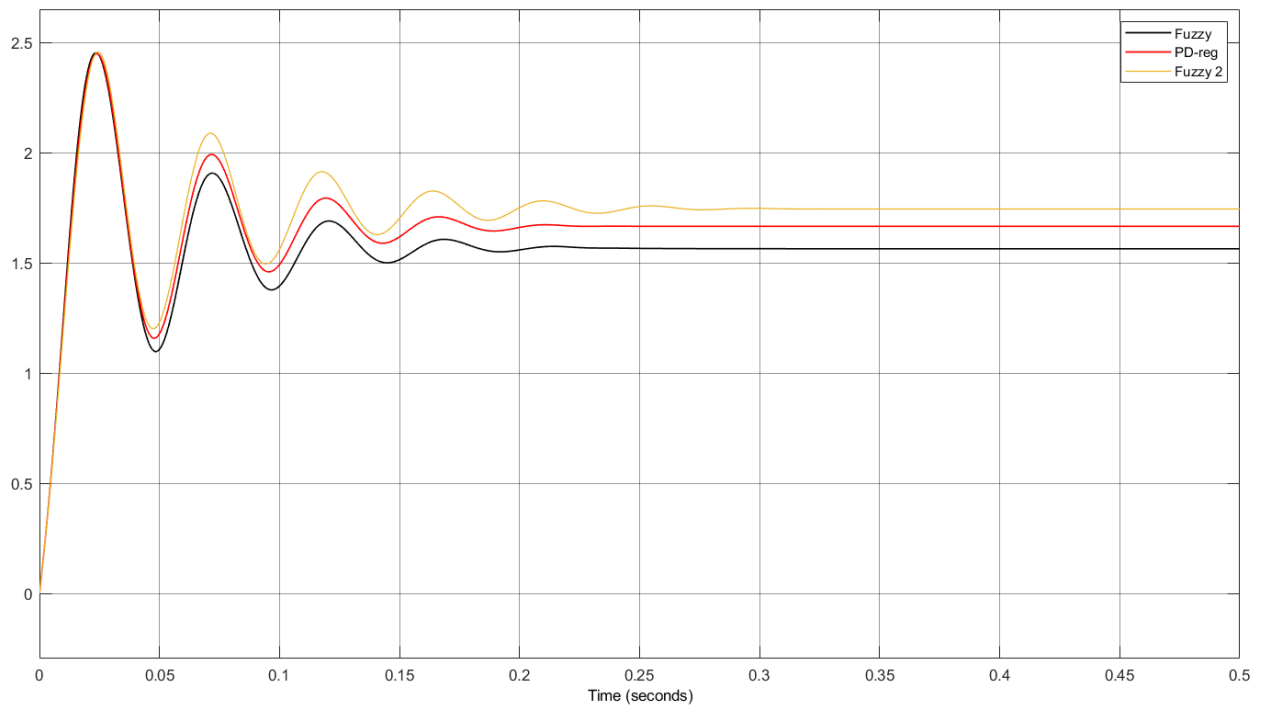


Figure 11 - График переходного процесса при внешних возмущениях

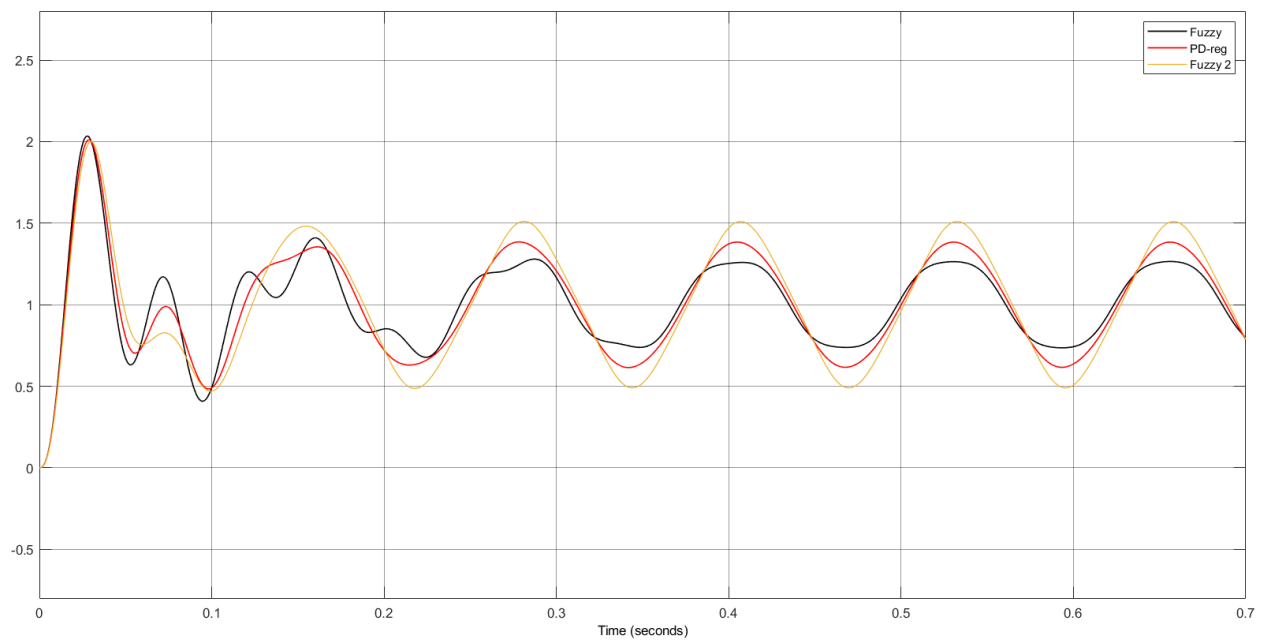


Figure 12 - График переходного процесса при внешних периодических возмущениях

Вывод

В ходе выполнения данной лабораторной работы было проведено исследование нечеткого регулятора, построенного на основе алгоритма Заде-Мамдани. Было выявлено несколько закономерностей, в частности то, что

применение нечеткого регулятора с меньшей вероятностью приведет к разному поведению системы, чем применение классических регуляторов. Так же были выявлены различия между способами импликации \min и \prod применительно к данной системе. Импликация способом умножения позволяет достичь более высоких показателей качества регулирования, однако это существенно увеличивает статическую ошибку, как при статическом, так и при периодическом возмущающем воздействии.

В конечном итоге можно сделать вывод о необходимости выбирать, проектировать и настраивать регулятор под каждую конкретную систему, учитывая ее нелинейности, возмущения и остальные особенности.