

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

ОТЧЕТ
по лабораторной работе № 2
по дисциплине «Интеллектуальные системы управления»
ТЕМА: ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО
РЕГУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ТАКАГИ-СУГЕНО

Вариант 1

Студент гр. 9492

Викторов А.Д.

Преподаватель

Порохненко К.А.

Санкт-Петербург

2024

Цель работы: построение нечеткого регулятора на основе правила нечеткого логического вывода Такаги-Сугено в пакете *Fuzzy Logic Toolbox*. Эффективность управления 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.

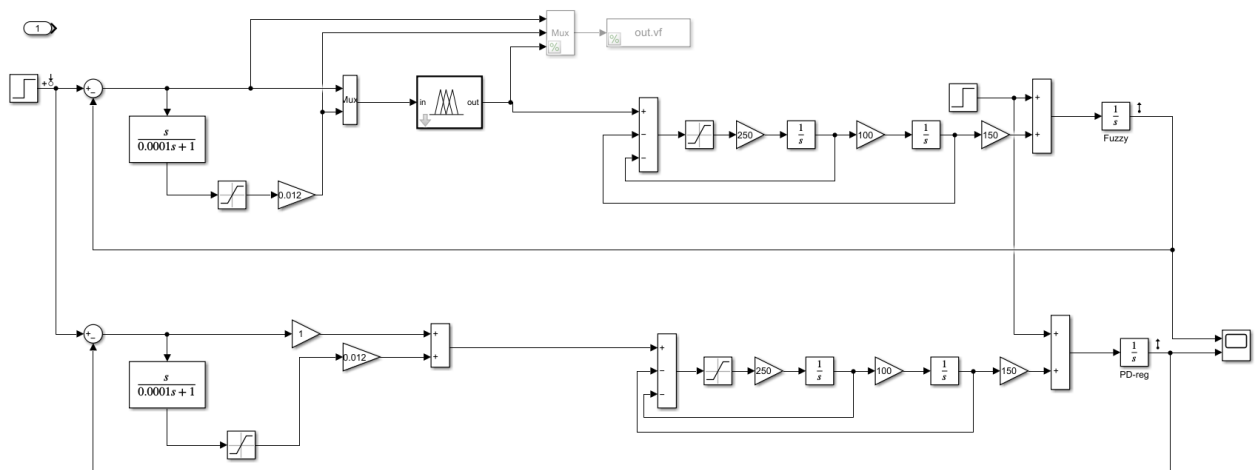


Figure 1 - Схема систем с нечетким и ПД-регулятором

Для проведения исследования необходимо сначала сконфигурировать нечеткий регулятор. На рисунке 2 представлен вид функций принадлежности, на рисунке 3 показана структура нейронечеткого регулятора. Для проведения исследования с были синтезированы и обучены два одинаковых регулятора Такаги-Сугено, единственная разница в них — это количество итераций

обучения – 25 и 50 соответственно. Далее приведены эксперименты позволяющие оценить разницу регулятора Такаги-Сугено и линейного ПД-регулятора, а также влияние количества эпох обучения нейросети на качество регулирования.

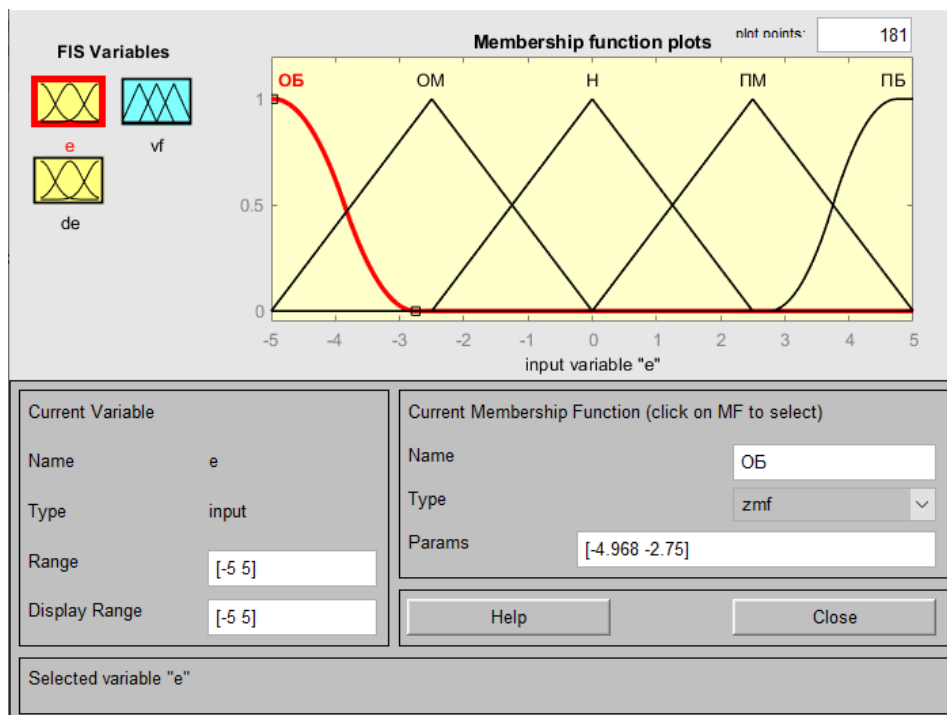


Figure 2 - Вид функций принадлежности

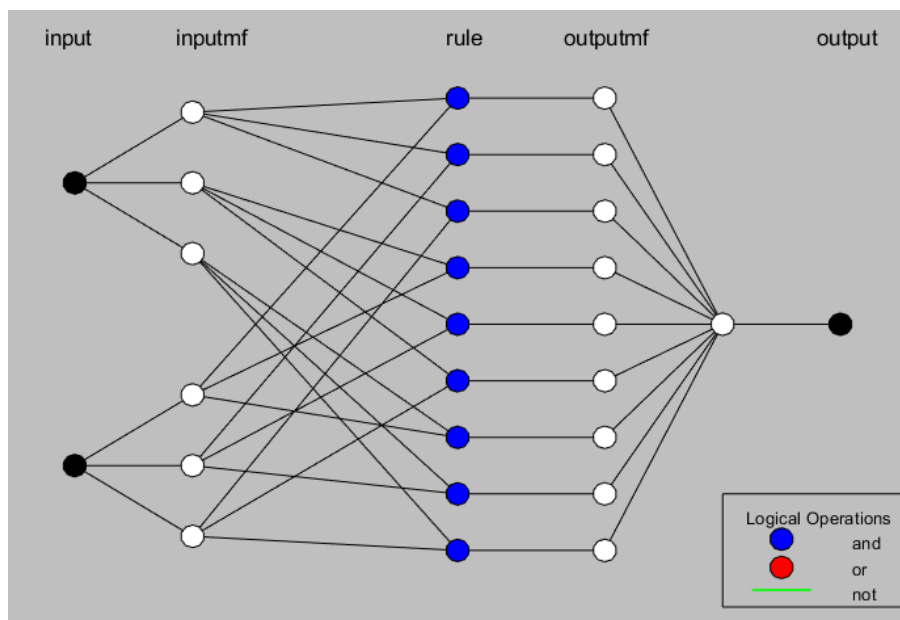


Figure 3 - Структура нейронечеткого регулятора

На рисунке 4 показан сравнительный график переходных процессов при ступенчатом воздействии единичной амплитуды. Как можно заметить – процесс устанавливается в единицу, что свидетельствует об отсутствии статической ошибки. В таблице 1 приведены количественные показатели переходного процесса. Можно заключить, что более продолжительное обучение не значительно влияет на показатели качества переходного процесса, а линейный регулятор показал наименьшее перерегулирование – 11%.

Таблица 1 – Сравнение показателей качества ПХ

	Перерегулирование, σ	Время переходного процесса (5% критерий), t
ПД-регулятор	11 %	0.034 с
Нечеткий регулятор 25 эпох	20 %	0.032 с
Нечеткий регулятор 50 эпох	21%	0.031 с

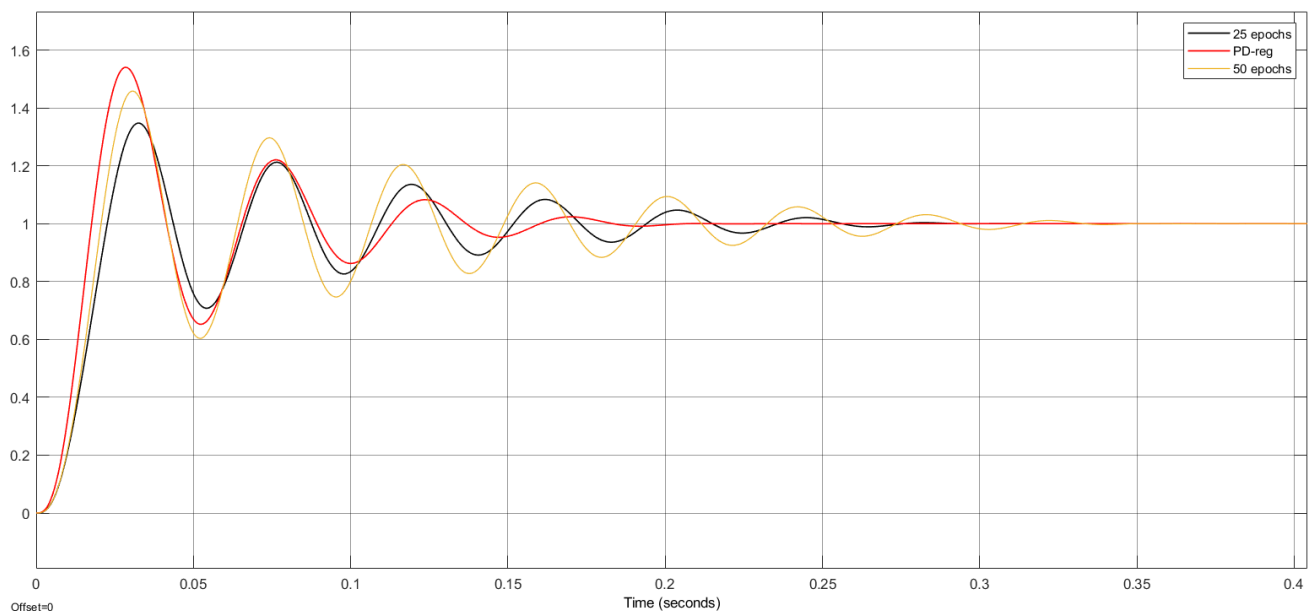


Figure 4 - Ступенчатое воздействие

На рисунке 5 изображен сравнительный график переходных процессов при увеличенных коэффициентах объекта управления. Можно заметить, что у всех систем с течением времени увеличивается амплитуда колебаний, т.е. системы не устойчивы, однако наименьшую скорость увеличения амплитуды показывает регулятор Такаги-Сугено, обученный на 50 итерациях.

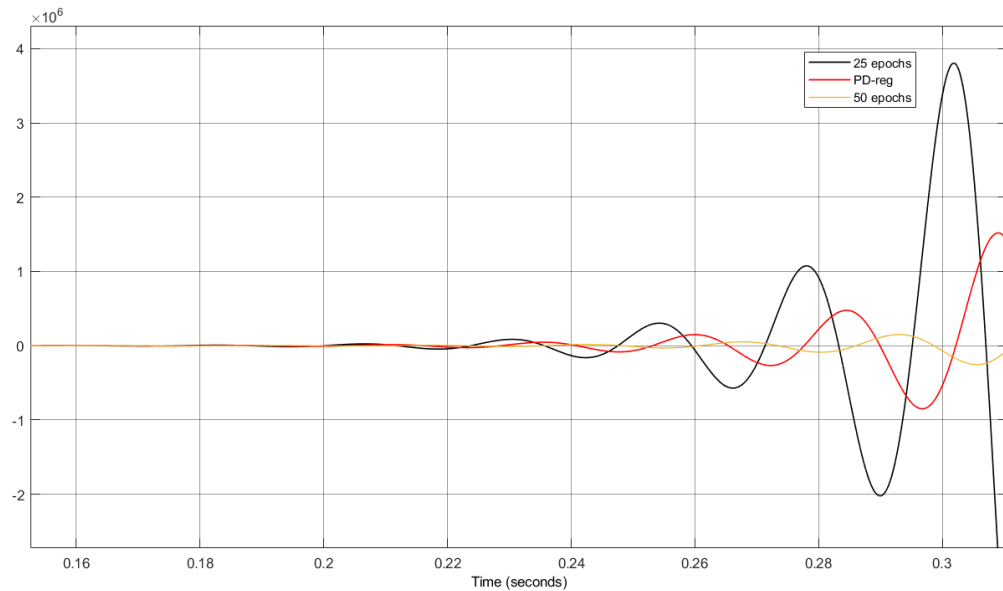


Figure 5 – Большие коэффициенты

После введения насыщения в прямой канал связи системы тоже оказались неустойчивы и получить количественные характеристики не удалось, это продемонстрировано на рисунке 6.

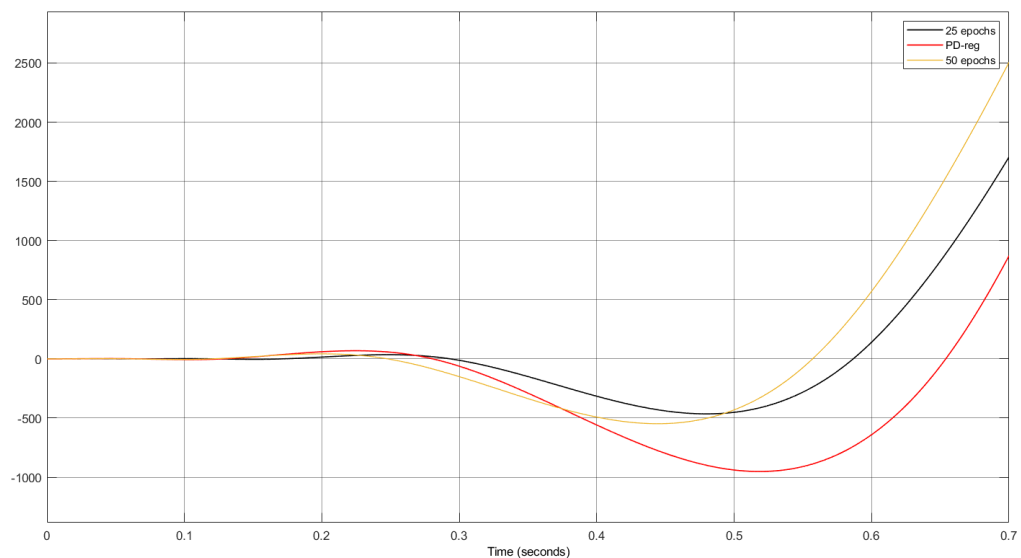


Figure 6 - Насыщение по управляющему воздействию

На рисунке 7 продемонстрированы графики переходных процессов систем при наличии ступенчатого возмущающего воздействия амплитудой 50. Можно заметить, что линейный регулятор хоть и показывает несколько меньшее время переходного процесса, но у нечетких регуляторов значительно меньшая статическая ошибка (см. Табл. 2). Так же при условии возмущений большой амплитуды меньшее перерегулирование показал регулятор Такаги-Сугено (50 эпох обучения).

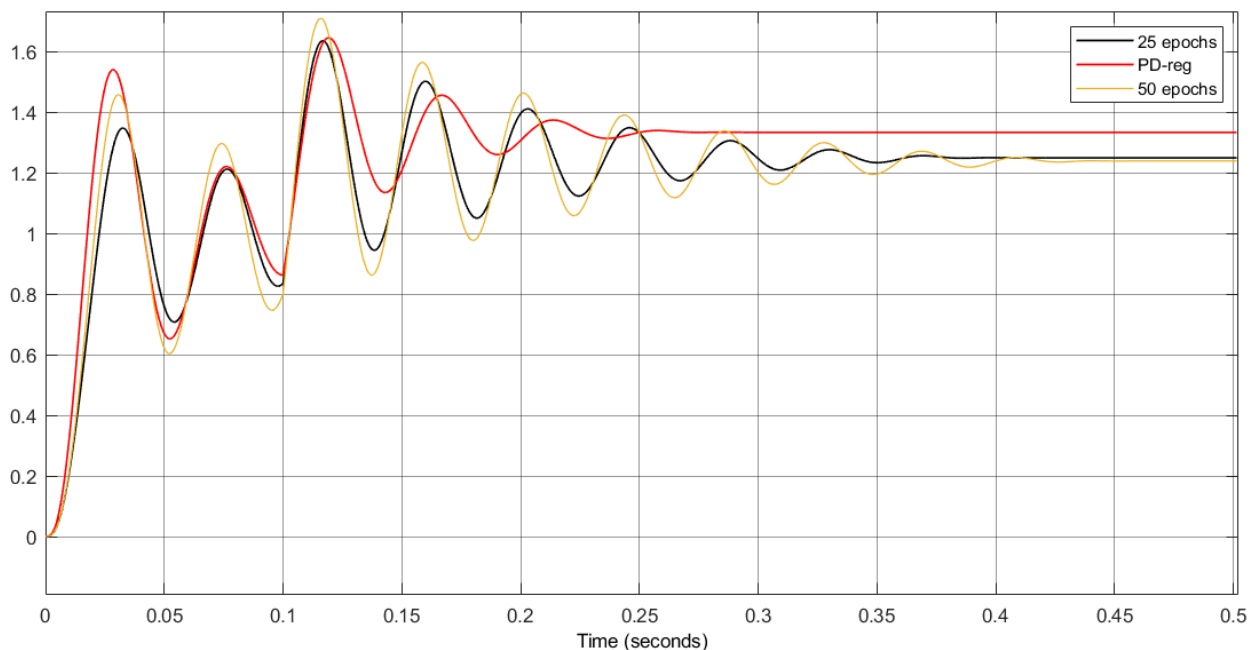


Figure 7 – Ступенчатое возмущающее воздействие амплитудой 50

Таблица 2 – Сравнение показателей качества ПХ

	Перерегулирование, σ	Время переходного процесса (5% критерий), t	Статическая ошибка
ПД-регулятор	97 %	0.13 с	33%
Нечеткий регулятор 25 эпох	80 %	0.22 с	25%

Нечеткий регулятор 50 эпох	87%	0.24 с	24%
----------------------------------	-----	--------	-----

В условии возмущающего воздействия синусоидальной формы, наименьшую амплитуду колебаний имеет система с нечетким регулятором обученным на 50 итерациях, однако разница со вторым нечетким регулятором незначительна, это показано на рисунке 8.

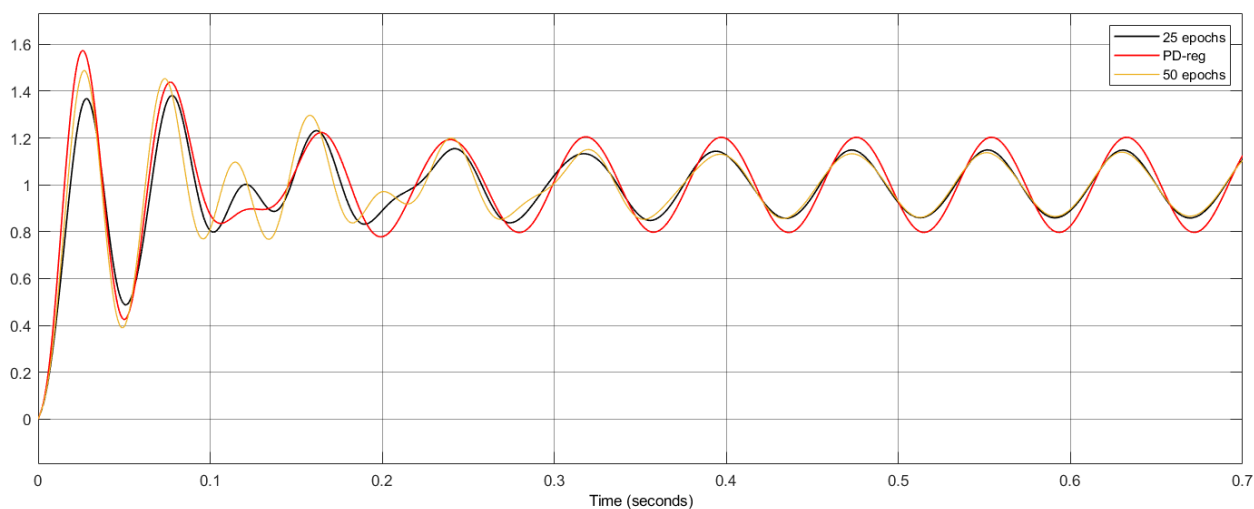


Figure 8 – Синусоидальное возмущающее воздействие амплитудой 20

Вывод

В данной лабораторной работе было проведено исследование нейронечеткого регулятора Такаги-Сугено посредством сравнения его в ряде экспериментов с линейным пропорционально-дифференцирующим регулятором.

Различные условия эксперимента, такие как увеличенные коэффициенты системы, введение насыщения в прямой канал регулятора, статическое и синусоидальное возмущающее воздействие показали, что нейронечеткий регулятор при правильной настройке позволяет достичь лучших показателей качества управления чем ПД-регулятор, особенно это актуально для сложных условий, таких как: меняющиеся параметры объекта управления, наличие возмущающих воздействий и другие.

Так же в ходе проведения экспериментов был проведен анализ влияния продолжительности обучения нейросети на качество регулирования. Можно сделать заключение о небольшом влиянии «дообучения» на показатели качества, однако это связано с тем, что изначально нейросеть была обучена достаточно и показывала маленькую ошибку.