

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет»

На правах рукописи

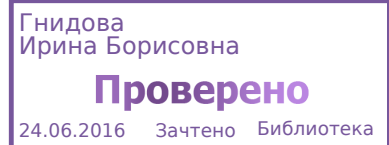
Любушкин Дмитрий Андреевич

**Разработка нечеткой модели системы
тягового электропривода электровоза 2ЭС5К**

Направление подготовки
13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль – «Электропривод и автоматика»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

2016



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Руководитель доктор технических наук, профессор
Соловьев Вячеслав Алексеевич

Рецензент кандидат технических наук, Бакаев Виктор Викторович, главный инженер ООО «Одиссей-ДВ»

Защита состоится «24» июня 2016 года в 10 часов 00 мин. на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном техническом университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 104/3.

Автореферат разослан «20» июня 2016 года

Секретарь ГЭК

Е.Н. Землянская

Цель работы – повышение энергетической эффективности тягового электропривода (параметров системы).

Задача работы – разработка нечеткой математической модели системы электровоза, исследование тягового режима.

Использование частотного электропривода в системах тяговой нагрузки имеет ограничение, связанные с ухудшением характеристик электропривода в режимах резкопеременной нагрузки. Поэтому совершенствование хорошо зарекомендовавшего себя тягового электропривода на базе коллекторного привода последовательного возбуждения, несмотря на сравнительно низкие энергетические показатели, представляет собой актуальную задачу.

Применение вентильного тягового двигателя, несмотря на его преимущества такие как: высокий КПД, высокая перегрузочная способность ограничивается стоимостными показателями, а также сложностью реализации системы управления. Одним из путей совершенствования тягового электропривода постоянного тока является путь с использованием иных принципов управления, с помощью которых можно ослабить известные недостатки такого электропривода.

Для решения этой цели в рассматриваемой работе поставлена задача создания нечеткой системы управления тяговым ЭП и исследование ее с точки зрения выявления «резерва» улучшения динамических и энергетических характеристик электропривода.

Математическая модель ПИ-регулятора, разработанная в математической среде Matlab, показана на рисунке 1

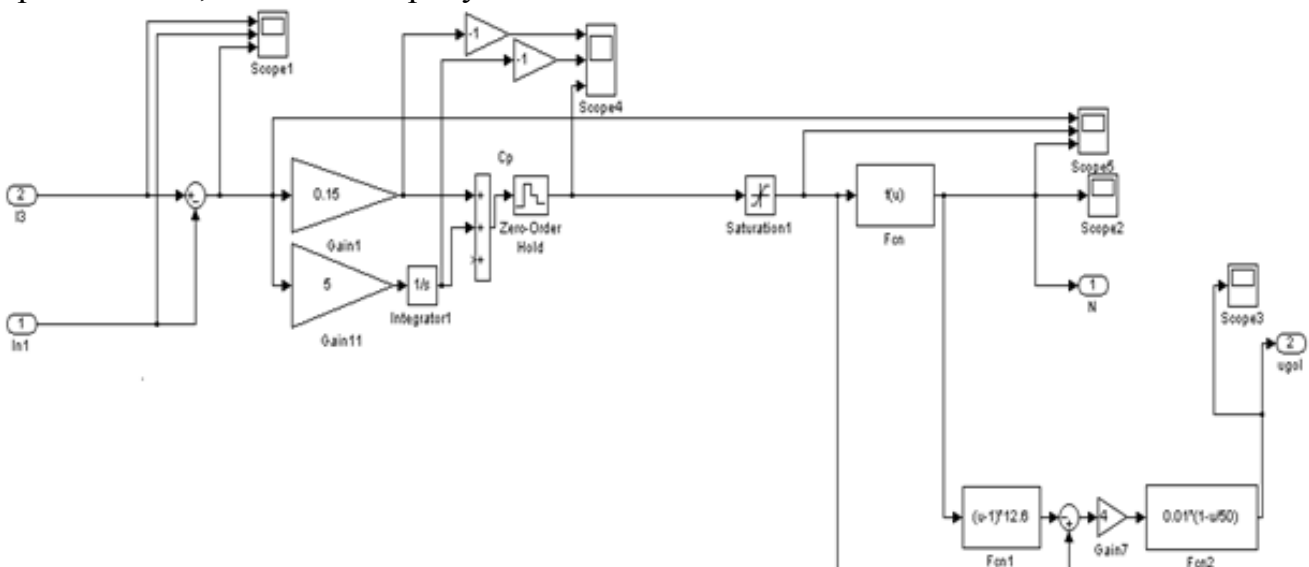


Рисунок 1 – Математическая модель ПИ – регулятора в математической среде Matlab

При расчетах на математической модели напряжения с применением классического регулятора получены графики тока и напряжения для $I_{\text{зад}} = 260 \text{ А}$, показанные на рисунке 2, в детальном режиме – на рисунке 3.

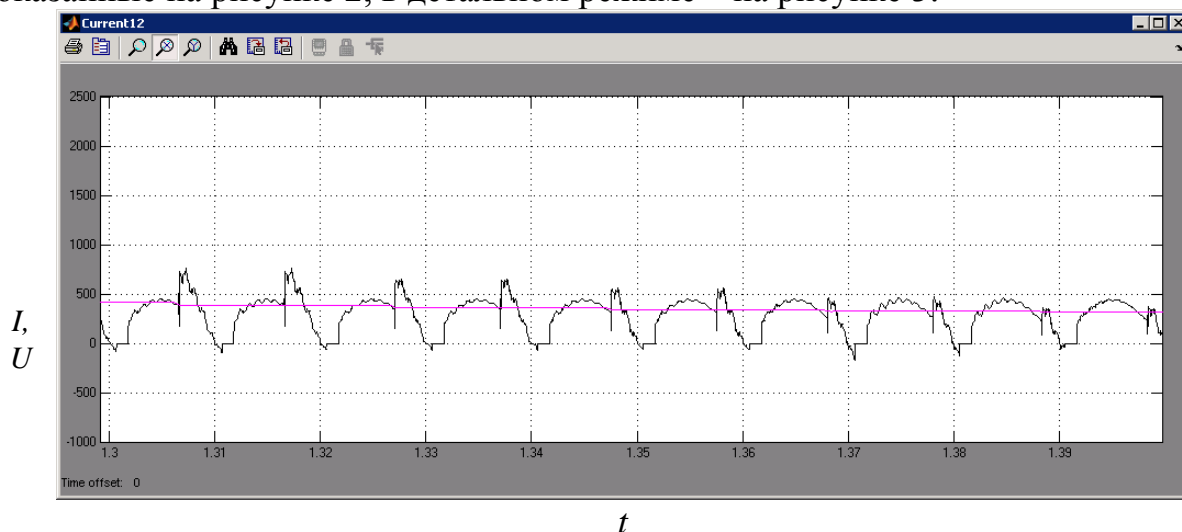


Рисунок 2 – Выходные характеристики тока и напряжения классического регулятора

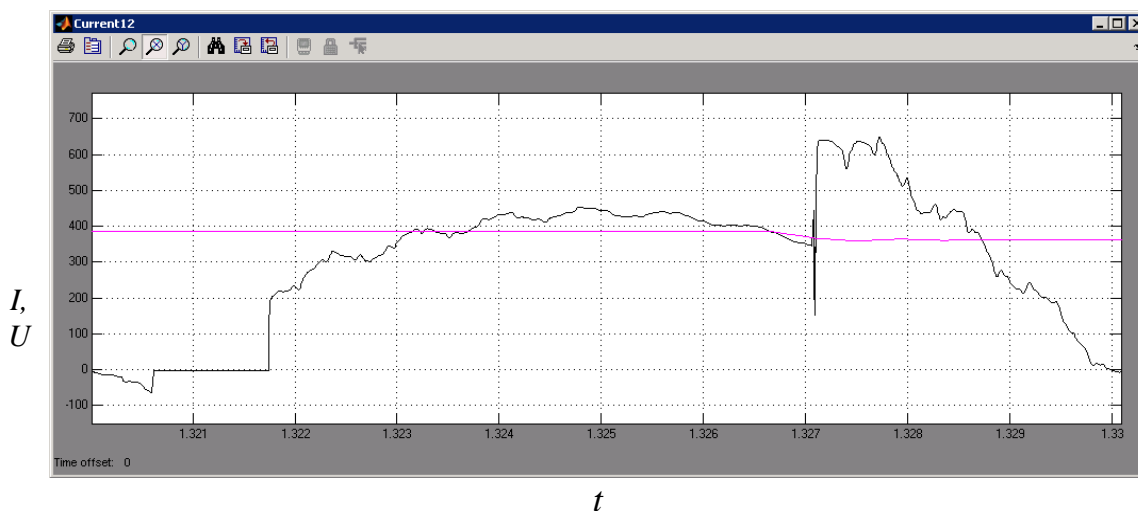


Рисунок 3 – Выходные характеристики тока и напряжения классического регулятора в детальном масштабе

Энергетическая характеристика классического регулятора для $I_{\text{зад}} = 600 \text{ А}$ приведена на рисунке 4, в детальном режиме на рисунке 5.

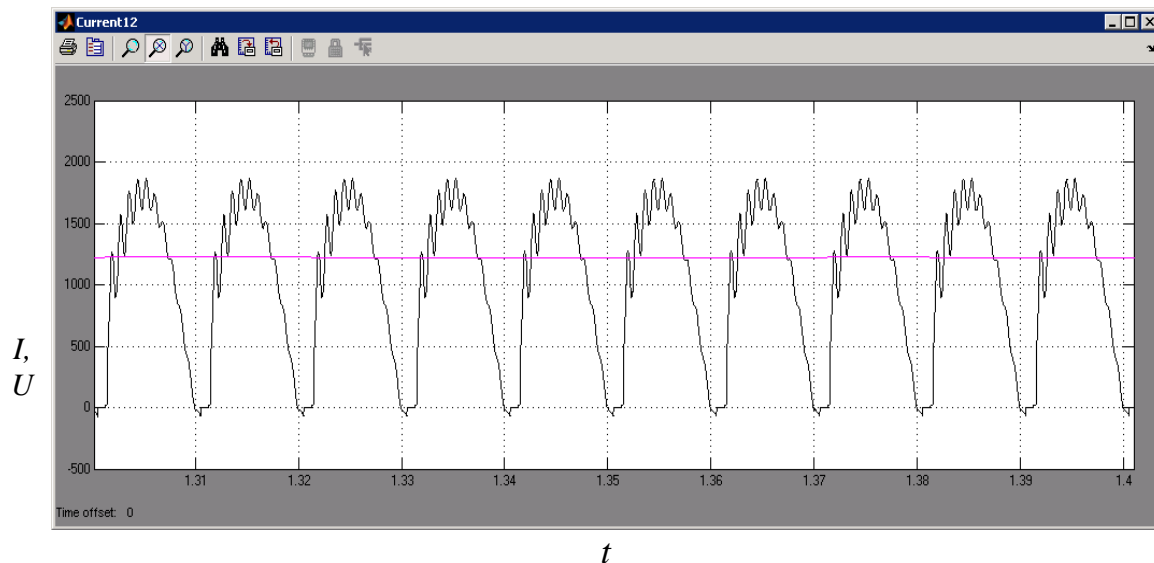


Рисунок 4 – Выходные характеристики тока и напряжения классического регулятора

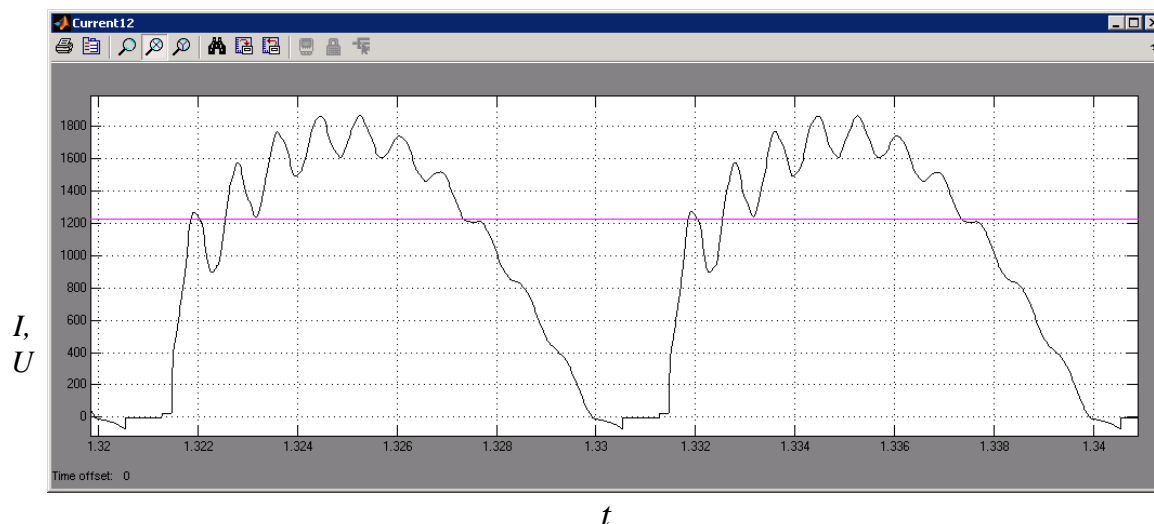


Рисунок 5 – Выходные характеристики тока и напряжения классического регулятора в детальном масштабе

Проанализировав выходные характеристики аналогового и нечеткого регуляторов можно сделать следующие выводы:

- 1) В аналоговом регуляторе при изменении нагрузки наблюдается изменение угла запаса – угол уменьшается;
- 2) В системе регулирования с классическим регулятором виден переход с одной зоны на другую, что связано с наличием дополнительных коммутаций вентилей.

Функциональная структура нечеткого регулятора может быть представлена образом, показанным на рисунке 6.

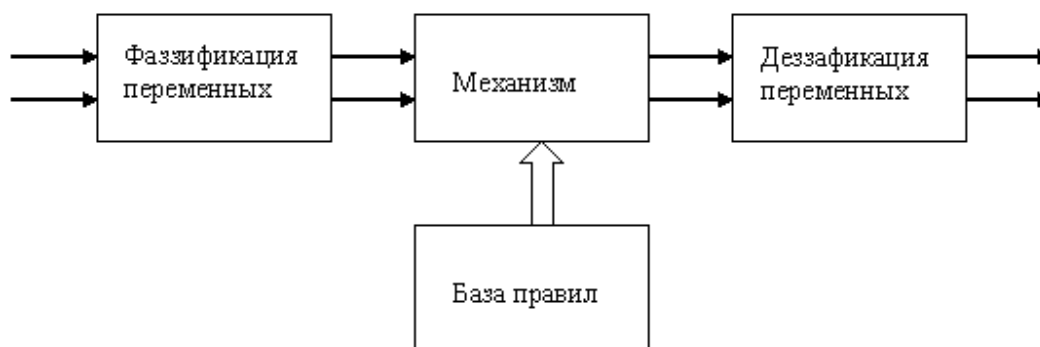


Рисунок 6 – Функциональная схема нечеткого регулятора

На вход регулятора поступают величины отклонения от уставки и, для ряда алгоритмов, изменения отклонения от уставки, которые подвергаются фаззификации, т.е. из четкого числового значения переводятся в форму нечетких лингвистических переменных. На основе имеющегося механизма принятия решения с помощью базы правил логического вывода определяется управляющее воздействие. В базе правил заключены инструкции о выборе величины управления в нечетком выражении в зависимости от нечетких значений отклонения от уставки и его изменения. Последним этапом цикла расчета в нечетком регуляторе является процедура дефаззификации – перевода величины управления из нечеткого представления с известной степенью принадлежности в точное и однозначное численное выражение.

На рисунке 7 приведена схема модели системы управления ВИП использующий нечеткий принцип регулирования. Блочная схема представлена в виде нечеткого регулятора с двумя входами: по рассогласованию и интегралу рассогласованию и блока формирования логики переключения плеч ВИП.

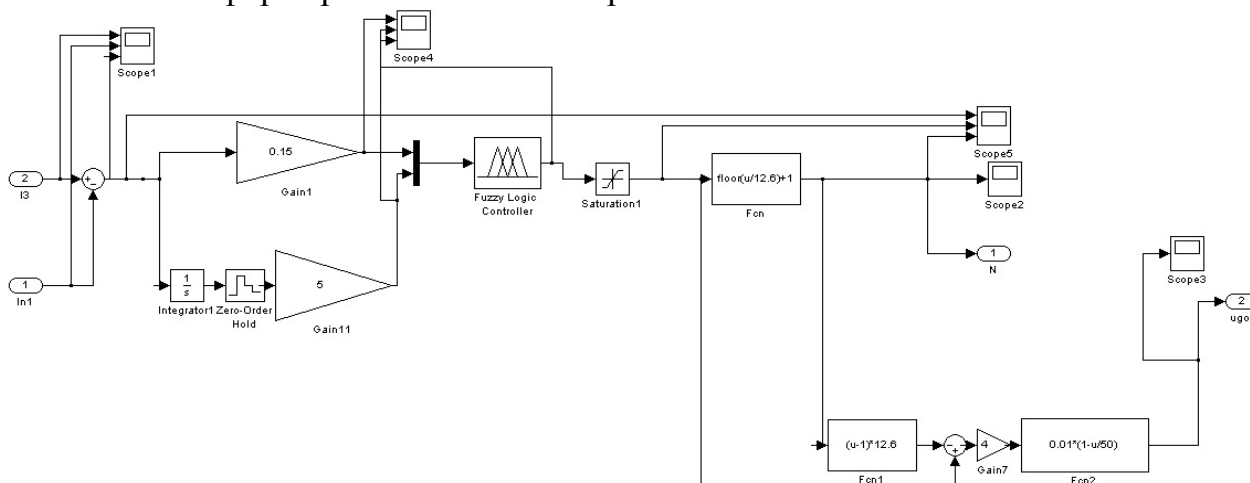


Рисунок 7 – Нечеткий регулятор, реализованный в математической среде Matlab

Если рассматривать нечеткий регулятор или систему нечеткого вывода как систему параллельных вычислений, то ее можно представить в виде вычислительной нейронной сети, каждый узел которой выполняет специфическую операцию нечеткой обработки сигналов. В этом случае можно воспользоваться нейросетевым подходом к настройке параметров этой сети, или нечеткой системы, с использованием стандартных методов обучения нейронных сетей. С этой точки зрения можно представить в виде сети, например, предложенную нечеткую систему вывода типа Сугено (рисунок 8).

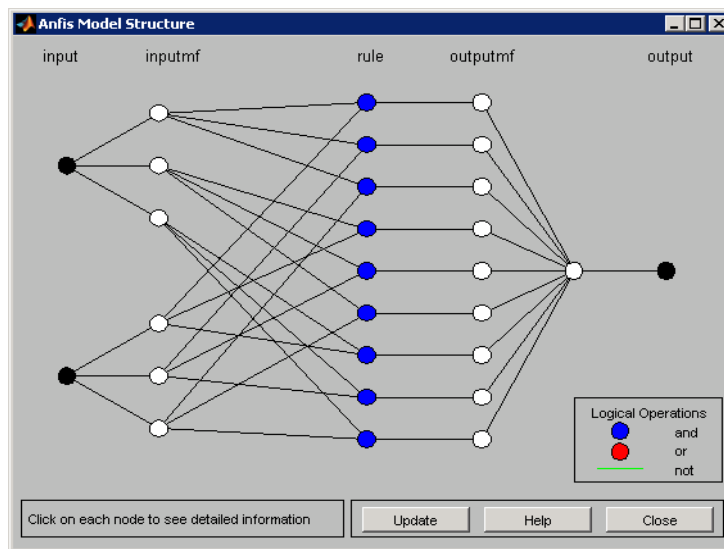


Рисунок 8 – Структура базы правил нечеткого регулятора

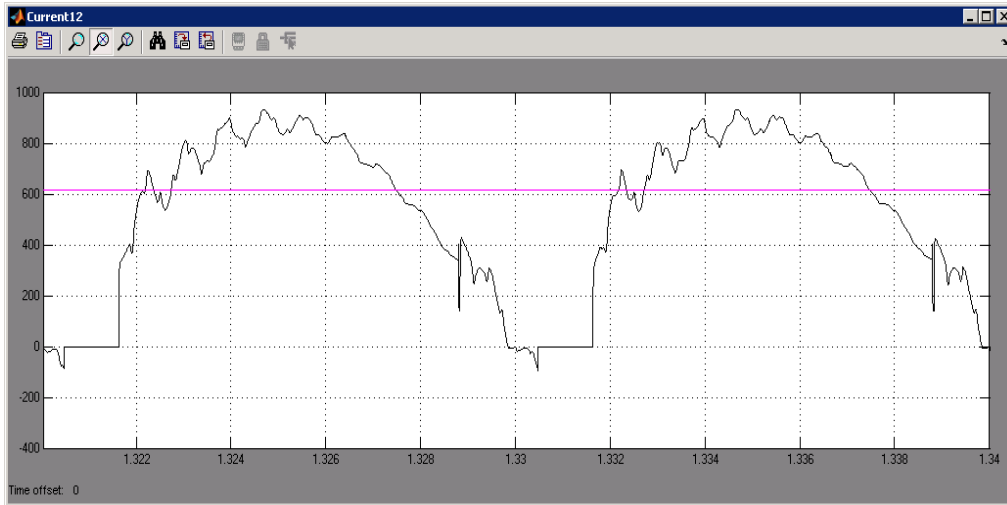
На основе приведенного анализа используемый подход построения нечеткого регулятора (НР) позволил сделать следующие выводы.

Возможны два пути реализации нечеткого регулятора при построении базы правил: с использования типовых выводов Сугено и Мамдани опираясь на знания экспертов, и путь с использованием нейро-нечеткой сети (ANFIS).

Первый подход обладает высокой трудоемкостью поскольку требует использование знаний экспертов, что не всегда возможно, но позволяет добиваться полноты решения путем увеличения функций принадлежности и заполнении базы правил.

Второй путь менее трудоемкий, но дает возможность оперировать ограниченным количеством функций принадлежности (не более 5), и не дает возможность учесть желаемых показателей выходных характеристик, что в конечном итоге снижает точность управления. Выходные характеристики тока и напряжения нечеткого регулятора с П-образными функциями принадлежности ($k=5$) показаны на рисунке 9.

a)



б)

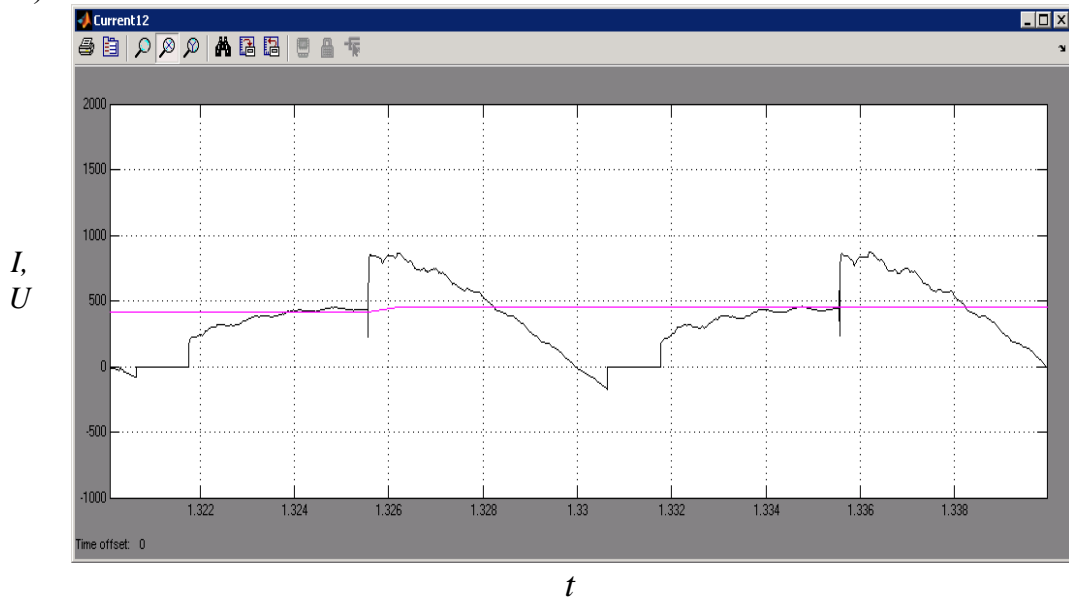
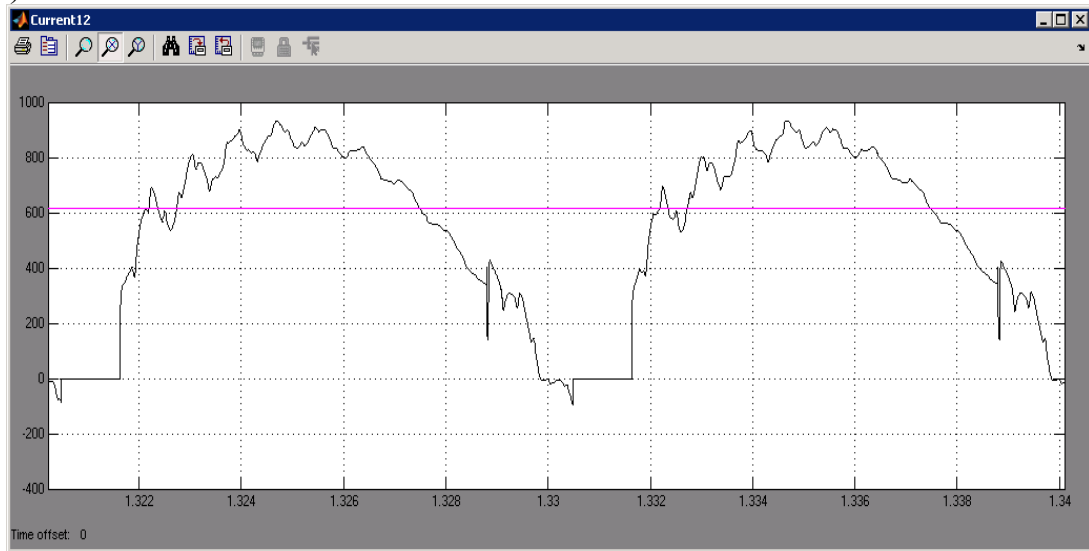


Рисунок 9 – Выходные характеристики тока и напряжения нечеткого регулятора П-образных функций принадлежности ($k=5$)

Выходные характеристики тока и напряжения нечеткого регулятора с треугольными функциями принадлежности ($k=5$) показаны на рисунке 10.

a)



б)

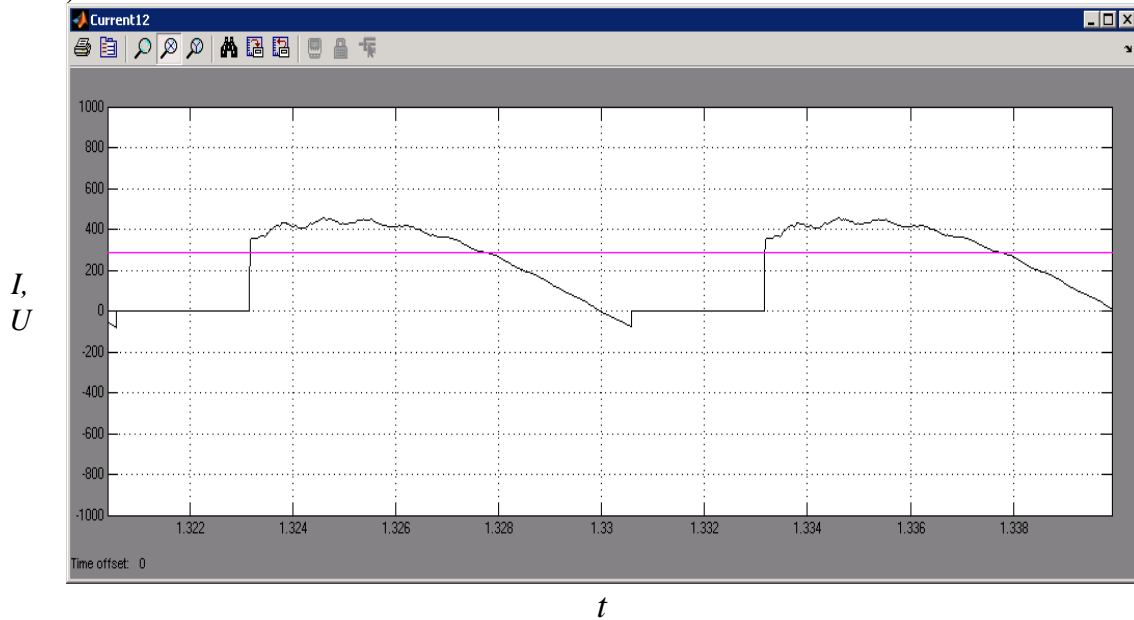
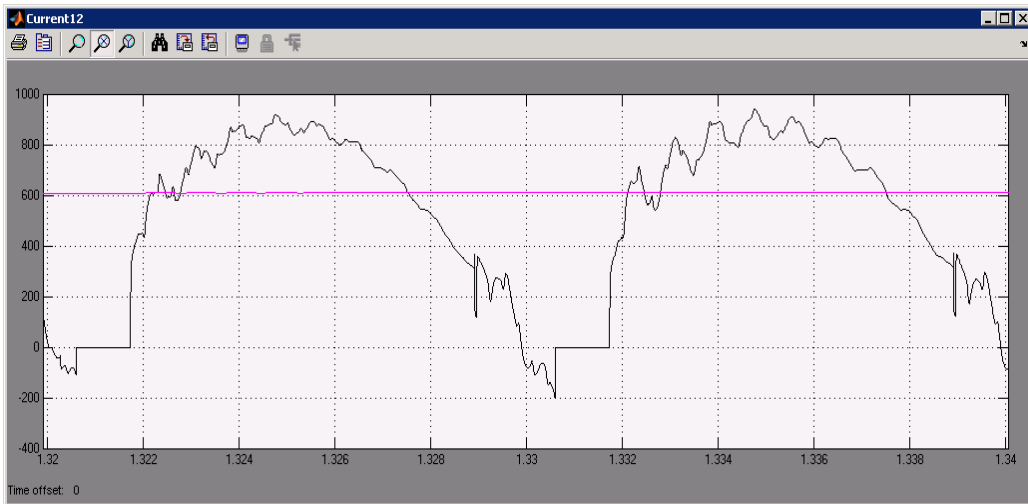


Рисунок 10 – Выходные характеристики тока и напряжения нечеткого регулятора треугольных функций принадлежности ($k=5$)

Выходные характеристики тока и напряжения нечеткого регулятора при замене интегрального на дифференциальное корректирующее воздействие треугольных функций принадлежности ($k=5$) показаны на рисунке 11.

а)



б)

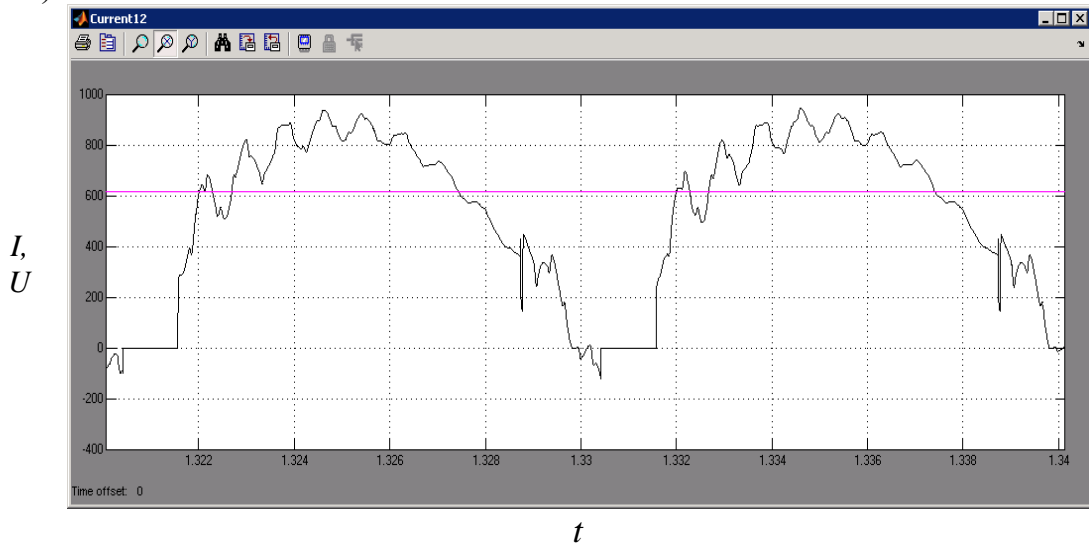


Рисунок 11 – Выходные характеристики тока и напряжения нечеткого регулятора при замене интегрального на дифференциальное корректирующее воздействие треугольных функций принадлежности ($k=5$)

На рисунке 12 приведены графики тока и напряжения, полученные в результате моделирования с применением нечеткого регулятора при неравномерном распределении треугольных функций принадлежности ($k=5$)

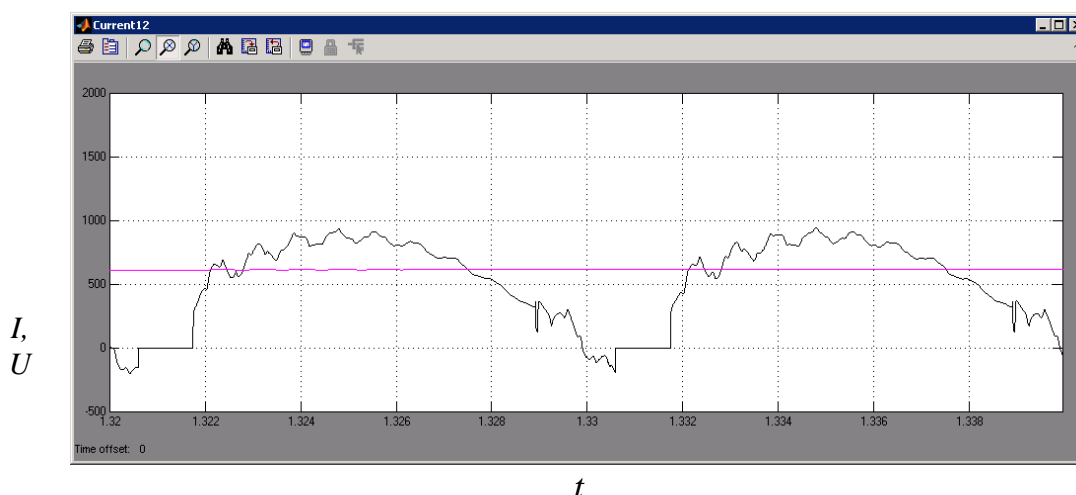


Рисунок 12 – Выходные характеристики тока и напряжения нечеткого регулятора при неравномерном распределении треугольных функций принадлежности ($k=5$)

Таким образом, на основании проведенного анализа можно утверждать:

1) Система с нечетким регулятором работоспособна и применима для управления ВИП тягового электропривода.

2) Введение нечеткого подхода позволяет стабилизировать величину угла запаса инвертирования в различных режимах работы преобразователя, а следовательно можно снизить максимальное значение угла запаса.

3) Снижение количества функций принадлежности ниже 5 не желательно, в связи с проявляющейся потерей информации при преобразовании ее в нечетком регуляторе, однако и увеличение количества функций принадлежности свыше 9 будет приводить к непомерному возрастанию базы правил, а, следовательно – к затягиванию вычислительного периода.

Заключение

В ходе выполнения диссертации была разработана нечеткая модель математического описания электровоза в среде MatLab.

В работе был исследован режим тяги электровоза. Приведены выходные характеристики ПИ-регулятора и нечеткого. Проведены исследования выходных характеристик нечеткого регулятора при разных способах реализации. Для того чтобы выяснить влияние основных параметров нечеткого регулятора (количество функций принадлежности, их форму, количество базы правил, вид дополнительного корректирующего сигнала на входе регулятора), проведены дальнейшие исследования, а именно изменение вида функции, увеличение функций принадлежности с трех до пяти, изменение корректирующего воздействия с интегрального на

дифференциальное, отход от равномерного распределения функций принадлежности.

Сравнительный анализ результатов исследования показал, что применение нечеткого регулятора позволяет:

1) система с нечетким регулятором обеспечивает более устойчивую работу в режиме небольших токов нагрузки (I зона). При этом угол запаса на инвертирование остается одинаковым;

2) по сравнению с ПИ-регулятором кривая выходного напряжения с нечетким регулятором является более плавной;

3) при больших сигналах задания в системе с нечетким регулятором угол запаса инвертирования на всем протяжении работы постоянен, а с аналоговым регулятором от периода к периоду претерпевает изменения.

Список публикаций автора магистерской диссертации

1 Любушкин, Д. А. Особенности тягового электропривода / Д. А. Любушкин, В. А. Соловьев // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : сб. науч. тр. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. – С. 397-397.

2 Любушкин, Д. А. К вопросу разработки интеллектуальной системы управления ВИП / Д. А. Любушкин, В. А. Соловьев // Всероссийская молодежная научно-практическая конференция : сб. науч. тр. – Хабаровск : ДВГУПС, 2016.

