

*к.т.н. Кобец Д.В., к.т.н. Ушаков В.И.,
Середа С.Н., Удодов А.Л.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина).*

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ ИНДУКЦИОННЫХ УСТАНОВОК

У роботі наведені результати практичних досліджень по створенню мікропроцесорної системи управління джерелами живлення індукційних установок. Запропоновано програмне забезпечення, яке дозволяє скоротити час на налагодження нечіткого регулятора.

Ключові слова: мікропроцесорна система, нечіткий регулятор.

В работе приведены результаты практических исследований по созданию микропроцессорной системы управления источниками питания индукционных установок. Предложено программное обеспечение, которое позволяет сократить время настройки нечеткого регулятора.

Ключевые слова: микропроцессорная система, нечеткий регулятор.

Внедрение новых технологий управления источниками питания открывает перспективы реализации новых возможностей по повышению энергосбережения в электротермических установках. Актуальность этой проблемы определяется необходимостью разработки более экономичных источников питания, т.к. в Украине широко используется электротермическое оборудование с большой энергоёмкостью. В этих условиях недоиспользование применяемого оборудования, приводящее к увеличению удельного расхода электроэнергии на единицу продукции, повышению её себестоимости и снижению рентабельности производства, оборачивается большими потерями.

Проведенные ранее исследования [1,2] показали высокую эффективность и широкие возможности технологии «нечеткого» управления. Однако очевидным является необходимость дальнейшего совершенствования способов настройки регуляторов, т.к. на практике работа эксперта должна корректироваться в зависимости от конкретного оборудования и условий работы установки.

Целью работы является разработка и практическая реализация системы нечеткого управления источником питания индукционной установки, а также создание программного продукта, позволяющего настраивать систему в реальном масштабе времени.

Разработанная принципиальная схема системы управления показана на рисунке 1. Основным устройством системы является микропроцессорный контроллер Amega16 фирмы Atmel обозначенный как DD1. На схеме приведены: ZQ1 – кварцевый резонатор; SB1, SB2 – кнопки «ПУСК» и «СТОП»; DD1 – стабилизатор напряжения формирователя импульсов управления тиристорами (ФИУ); V1, V2 – оптроны гальванической развязки; T1 - T4 – трансформаторы ФИУ; VT1, VT2 – ключевые транзисторы ФИУ; VD1, VD2 – отсекающие диоды ФИУ; HL1, HL2 – сигнальные светодиоды; R1 - R10, R14 - R16 – резисторы; R11 – резистор формирования задания; R12 - R13 – подстроечные резисторы обратных связей; C1 - C11 – фильтрующие конденсаторы; XS – разъем соединения системы управления с источником питания.

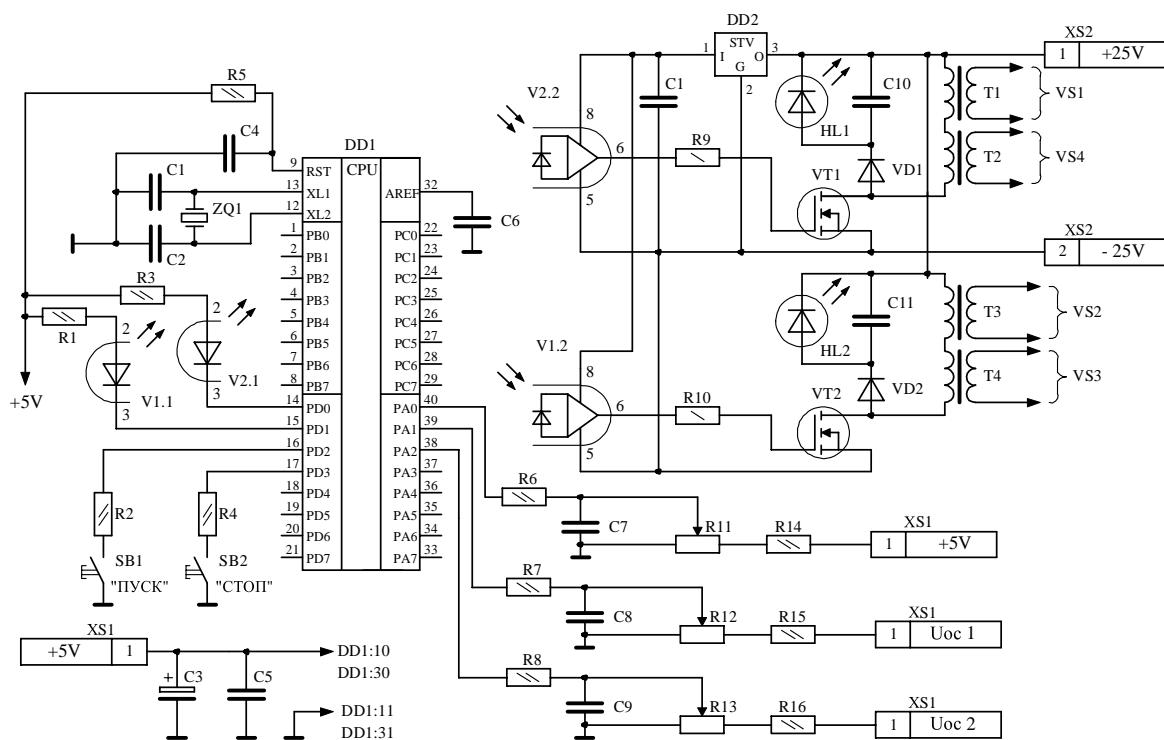


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы нечеткого управления

Источник питания выполнен по схеме резонансного инвертора удвоения частоты с диодами встречного тока, схема которого изображена на рисунке 2. На рисунке изображены: QF1 – трёхфазный силовой автомат; HL1 – сигнальная лампа сигнализирует о наличии напряжения на входе физической модели; TV1 – сетевой понижающий 3х-фазный трансформатор; VD1...VD6 – диоды выпрямителя; СФ – фильтровый конденсатор; LФ – фильтровый дроссель; RS1 – шунт в цепи входного тока; RS2 – шунт в цепи диагонали переменного тока инвертора; LP – разделительная индуктивность; CP – разделительный конденсатор; ZH –

нагрузка (индуктор); СН – блок конденсаторов компенсирующие нагрузку; VS1...VS4 – тиристоры инвертора; VD1...VD4 – обратные диоды инвертора; СК – конденсатор коммутирующий; LK - индуктивность коммутирующая; ТА1, ТА2 – трансформаторы тока.

Питания физической модели осуществляется от промышленной 3х фазной сети 380В, которая преобразуется понижающим 3х-фазным трансформатором TV1 в напряжение 38В. Выпрямитель собран по схеме Ларионова. Выходное напряжение выпрямителя фильтруется конденсатором СФ типа К50-18 1000мк 50В и контролируется вольтметром PV1 типа М381 на 250В к.т. 1,5 и составляет 50 В.

В качестве фильтрового LФ дросселя применяется дроссель, намотанный медной шиной на магнитопровод из электротехнической стали, индуктивность которого составляет 2,76 мГн. В качестве измерителя входного тока инвертора используется 10А шунт RS1 на 75мВ. Ток тиристоров одной диагонали инвертора контролируется ТА1, сигнал с которого подаётся в систему управления относительно которого формируются импульсы управления тиристоров инвертора. Ток инвертора в диагонали моста контролируется с помощью шунта RS2. Шунт RS2 состоит из трёх параллельно включенных резисторов типа С5-16М-5Вт 0.2 Ом±1%. Ключевыми элементами инвертора являются тиристоры VS1 – VS4 типа ТЧ25С-8-374 и диоды VD1 – VD4 типа ДЧ251-160Х-11-3. В качестве реактивных элементов инвертора используются конденсаторы СК и СР типа К72-11 на 250В-10кГц-3.3мкФ и индуктивности LK и LP. В качестве нагрузки ZH используется индуктор с отпайками, внутри которого находится труба, состоящая из двух материалов: стальной и медной. Конденсаторы, компенсирующие нагрузку СН, применены типа К72-11 на 250В-10кГц-3.3мкФ.

Для перепрограммирования контроллера и изменения настроек регулятора на Delphi была разработана программа «Fuzzy regulator manager», внешний вид которой представлен на рисунке 3. Эта программа позволяет менять параметры функции принадлежности трапециидального вида [2] для двух входов и выхода регулятора. Эти параметры могут задаваться как численно, так и при помощи ползунков.

Для переноса выбранных настроек в контроллер используется интерфейс RS232. Вся процедура программирования осуществляется нажатием кнопки «Применить». После программирования контроллера текущие параметры отображаются в окне примененных настроек. Так как контроллеры AVR допускают внутрисхемное программирование, то регулятор с новыми настройками начинает свою работу сразу после программирования. Используемые настройки могут быть сохранены (кнопка «Сохранить»).

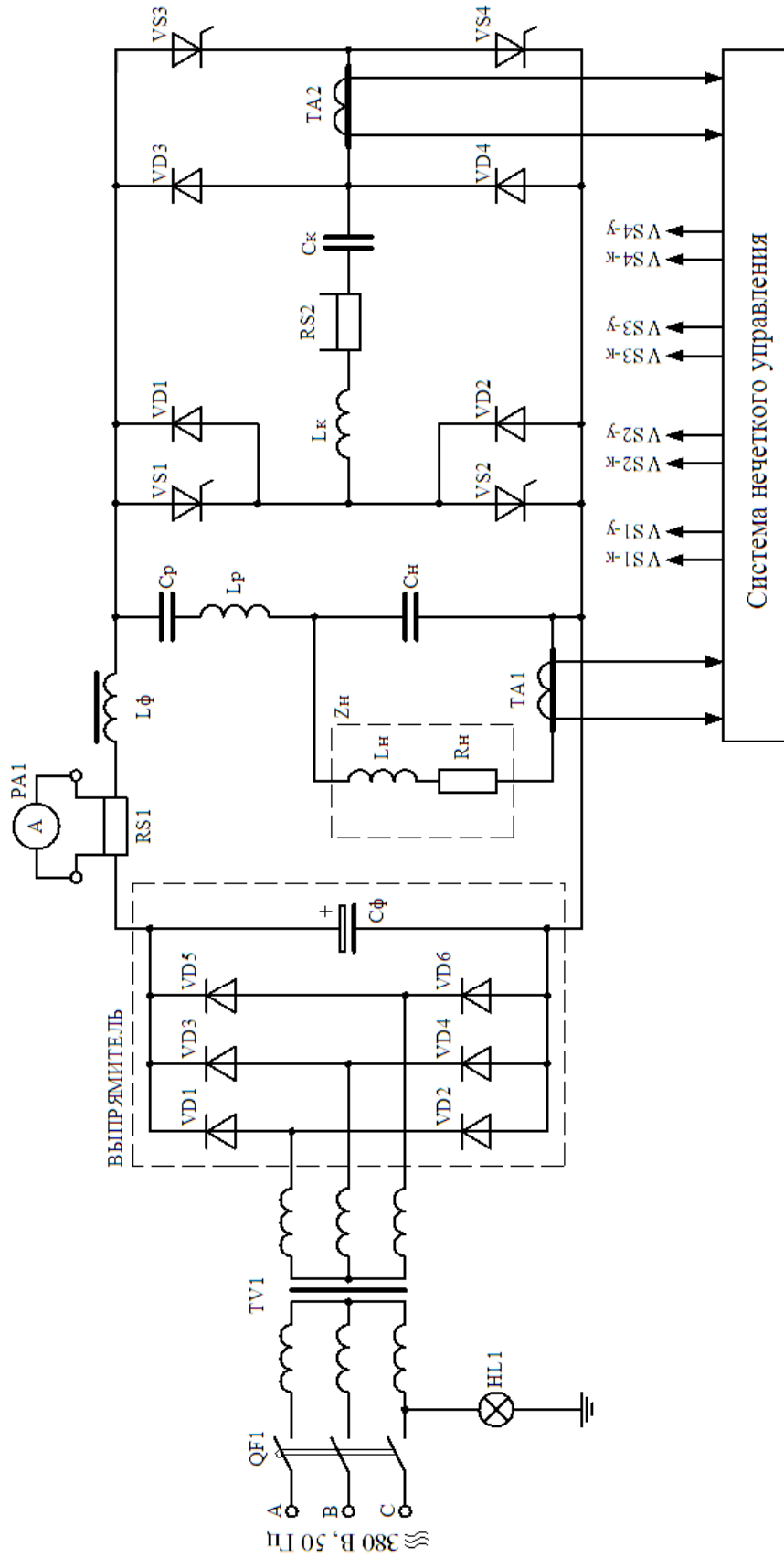
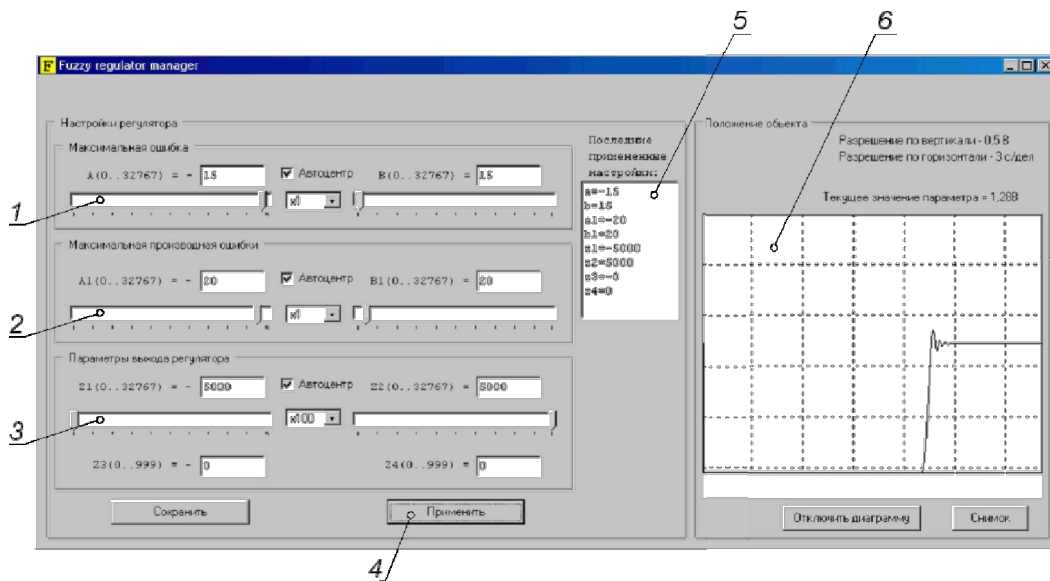


Рисунок 2 – Принципиальная схема физической модели источника питания



1, 2 – окна настройки параметров функции принадлежности по первому и второму входу регулятора соответственно; 3 – окно настройки параметров выхода регулятора; 4 – кнопка программирования контроллера; 5 – текущие значения настроек регулятора; 6 – диаграмма контролируемой величины.

Рисунок 3 – Общий вид программы настройки нечеткого регулятора

Для оценки качества переходных процессов при заданных настройках, в программе предусмотрена обратная связь контроллера с компьютером, которая оформлена в виде диаграммы по регулируемой координате в реальном масштабе времени. Значения, отображаемые на диаграмме, сформированы контроллером по данным, которые он получает с датчика обратной связи в процессе управления. В связи с тем, что управление требует больших ресурсов, для экономного использования памяти на диаграмме отображаются не все обрабатываемые значения, а только каждое пятое. Как показало практическое использование, этих значений вполне достаточно для построения диаграмм медленно протекающих процессов в источнике питания. Диаграмма может быть сохранена нажатием кнопки «Снимок».

В ходе экспериментов на разработанной физической модели были подтверждены все теоретические результаты, полученные в [1,2].

Например, на рисунке 4 приведена осциллограмма регулируемой координаты – входного тока преобразователя (кривая 1) и выхода нечеткого регулятора (кривая 2) при минимальном наборе правил (рис. 6 [1]).

На рисунке 5 приведены осциллограммы регулируемой координаты – входного тока преобразователя (кривая 1) и производной регулируемой координаты (кривая 2) при ограничении амплитуды производной (рис. 9 [2]).

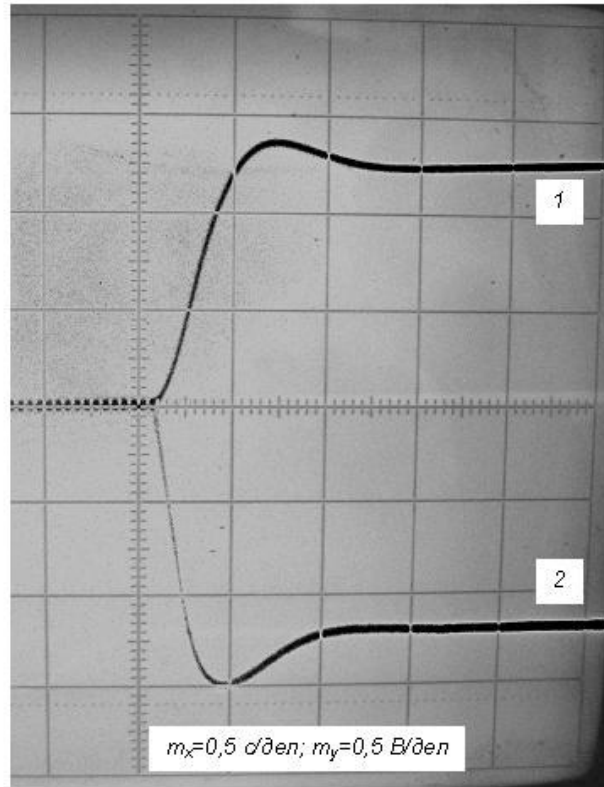


Рисунок 4 – Осциллограмма процессов в объекте и регуляторе при минимальном наборе правил

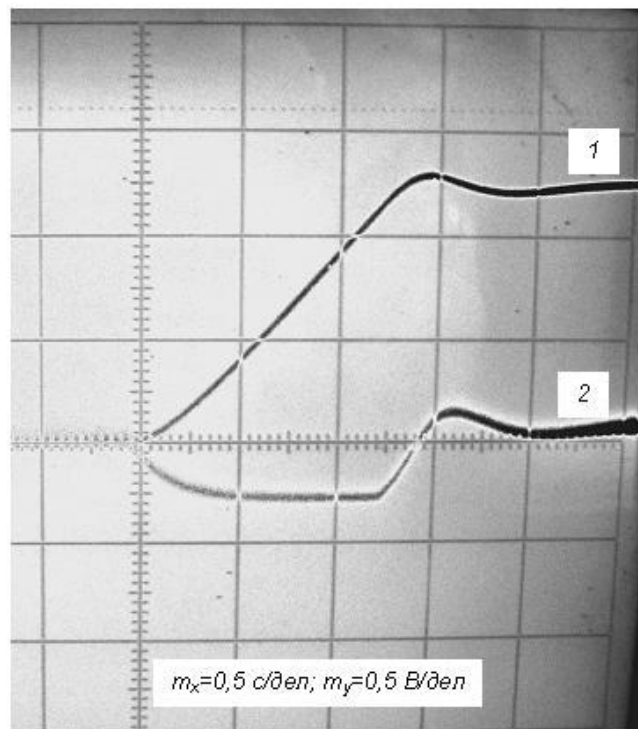


Рисунок 5 – Осциллограмма процессов в объекте при ограничении производной

Выводы. Разработана и исследована физическая модель источника питания индукционной установки с микропроцессорной системой управления. Рекомендуемые в предыдущих работах настройки нечеткого регулятора проверены в масштабе реального времени при помощи программного обеспечения «Fuzzy regulator manager». Как схема системы управления, так и программное обеспечение для настройки регуляторов могут быть использованы в промышленных условиях.

Библиографический список

1. Кобец Д. В. Система нечеткого управления источниками питания индукционных установок / Д.В. Кобец, Р.Н. Саратовский, С.Н. Середа, В.И. Ушаков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 8(140). – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2008. – С. 224 - 227.

2. Мотченко А.И. Система нечеткого управления динамическими объектами с функцией ограничения координат / А.И. Мотченко, Д.В. Кобец // Сб. научн. тр. ДонГТУ. Вып. 28. – Алчевск: ДонГТУ, 2009. – С. 405 - 411.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Зеленовым А.Б.