



О.З. Хасанов, Н.В. Хасанова, З.М. Хасанов

АДАПТИВНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ СКОРОСТИ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

При проектировании широкодиапазонных многосвязных электроприводов роботизированного технологического комплекса ионно-плазменного нанесения покрытий встают два основных вопроса: обеспечение высокого качества управления скоростью и ускорением электроприводов (ЭП) и подавление автоколебаний на динамических режимах разгона и торможения. В частности, увеличение диапазона регулирования электродвигателя (ЭД) и преобразователя частоты (ПЧ) требует их работы на режимах, близких к предельно допустимым, с учетом ограничений на устойчивость, статических и динамических характеристик, а также применяемых алгоритмов управления. Одним из путей повышения быстродействия асинхронного ЭП является более качественное регулирование основными параметрами ПЧ (ток, напряжение, частота) и ЭД (скорость, угловое положение) на основе средств микропроцессорной техники и алгоритмов векторного управления [1]. Аналого-цифровая реализация релейно-векторных систем со встроенными формирователями энергетически эффективных алгоритмов управления ПЧ и векторных систем управления асинхронными ЭД не получила широкого распространения главным образом в связи со сложностью настройки таких систем. Работа посвящена дальнейшему развитию релейно-векторных систем управления для асинхронных ЭП с высокими темпами разгона и торможения в широком диапазоне регулирования скорости без процедуры нахождения мгновенных значений токов в цепях преобразователя частоты.

Синтез релейно-векторной системы управления скоростью и положением исполнительного механизма асинхронного ЭП выполнен на основе принципов подчиненного регулирования с учетом дискретного характера процессов в ПЧ и с использованием методов структурной линеаризации контуров адаптивного управления тока, ЭДС и частоты. Наличие адаптивных контуров ЭДС и тока обеспечивает регулирование потокосцепления при работе асинхронного ЭД во второй зоне регулирования скорости (скорость выше номинальной). В первой зоне (скорость ниже номинальной) поддерживается постоянное значение задания по реактивной составляющей тока, соответствующем номинальному значению потокосцепления ротора ЭД. Для увеличения диапазона плавной работы асинхронных ЭП необходимо устранить (уменьшить до допустимой величины) автоколебания, возникающие от изменения момента трения и упругих сил связи в механических системах ЭП.

Существующие электрические и механические способы, уменьшающие или предотвращающие появление автоколебаний сложны и трудоемки, связаны с большими изменениями конструкции ЭД, редуктора и функциональных бло-



ков системы регулирования частоты ЭП. Исключение скачкообразных режимов работы асинхронного ЭД и уменьшение релаксационных колебаний в системе частотно-регулируемого ЭП возможно при определенных соотношениях параметров ПЧ и ЭД (постоянные времени $T_{пч}, T_{эд}$, коэффициенты передачи $k_{пч}, k_{эд}$). Использование механических способов демпфирования или коррекции момента трения в электромеханической системе ЭП уменьшает автоколебания. На рис. 1 приведены графики, показывающие изменение момента трения $M_{тр}$. В зоне низких скоростей вала асинхронного ЭД функция $f(T_{дв}, k_{дв})$ имеет участок с отрицательным наклоном, а в зоне высоких скоростей – участок с положительным наклоном (рис. 1, б).

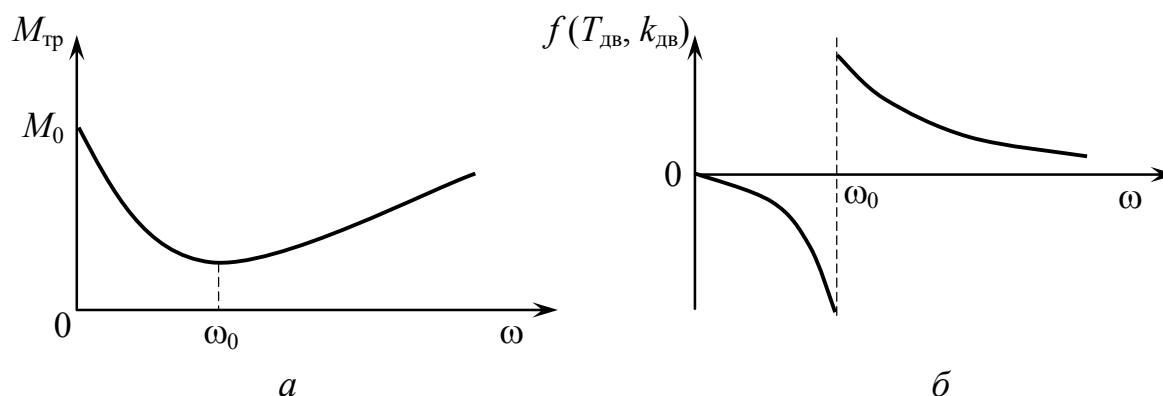


Рис. 1

Введение в систему управления ПЧ цифровых адаптивных регуляторов скорости вала ротора асинхронных ЭД с многоконтурными функциональными нелинейными корректирующими устройствами (ФНКУ) открывает новые направления развития частотно-регулируемых асинхронных ЭП для ТО ЭПНП. Рассмотрим особенности исследования характеристик и расчета основных динамических параметров этих адаптивных регуляторов скорости, если известны передаточные функции ПЧ, ЭД и цифровых адаптивных регуляторов скорости и положения вала ротора асинхронных ЭД. Для исследования переходных процессов и устойчивости предложенного цифрового адаптивного регулятора скорости (положения) вала ротора асинхронного ЭД будем использовать упрощенную блок-схему ЭП (см. рис. 2).

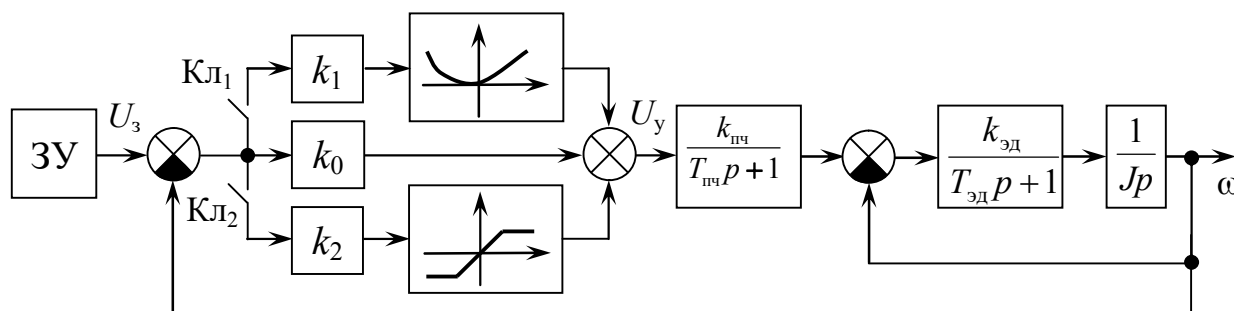


Рис.2



Выбор структуры адаптивного цифрового регулятора скорости, расчет коэффициентов замкнутого и разомкнутого циклов управления асинхронного ЭП в зависимости от рассогласования выходной координаты проведены с помощью известных методов адаптивного управления в работе [2]. Здесь техническое исполнение нелинейных функциональных многоканальных корректирующих устройств и способы их включения в структуры цифровых адаптивных регуляторов скорости широкодиапазонных ЭП являются новыми. Силовые каналы ЭП включают асинхронные ЭД со сложными передаточными функциями апериодического и интегрирующего звеньев, и преобразователь частоты с передаточной функцией апериодического звена.

Структура ФНКУ состоит из основного канала с передаточной функцией безынерционного звена с коэффициентом k_0 , верхнего канала с передаточной функцией безынерционного звена k_1 и заданного нелинейного звена, и нижнего канала с передаточной функцией безынерционного звена k_2 и нелинейного звена с насыщением. В зависимости от положения ключей $Кл_1$ и $Кл_2$ выходные сигналы верхнего и нижнего каналов на выходе ФНКУ суммируются сигналом основного канала ФНКУ. В результате создается управляющее воздействие U_y для различных алгоритмов управления скоростью ротора ЭД. Включение верхнего канала ключом $Кл_1$ в ФНКУ исключает автоколебания цифрового регулятора скорости вала ротора асинхронного ЭД и делает цифровой адаптивный регулятор скорости инвариантным к широкому диапазону изменений момента трения $M_{тр}$. Соответственно, для широкого диапазона изменений упругих сил связи во всех электромеханических системах асинхронного ЭП технологического оборудования электродугового плазменного напыления покрытий включение нижнего канала в ФНКУ исключает автоколебания в адаптивном цифровом регуляторе скорости вала ротора ЭД.

При исследовании качества переходных процессов и устойчивости цифрового адаптивного регулятора скорости с заданной передаточной функцией ФНКУ использованы известные методы нелинейной теории управления [3]. В частности, использованы аналитические методы синтеза нелинейных корректирующих устройств с линеаризацией, расчетом и уточнением передаточных функций звеньев ФНКУ, а далее вносятся соответствующие поправки при синтезе алгоритмов для цифрового регулятора скорости ЭД.

В процессе определения передаточных функций для конкретных каналов ФНКУ оптимизированы коэффициенты звеньев многоканального ФНКУ. В качестве критерия оптимизации коэффициентов каналов ФНКУ выбраны положения существенных нулей и полюсов так, чтобы качество процессов по регулируемой координате соответствовало заданным требованиям управления скоростью ротора асинхронного ЭД во всем диапазоне изменения момента трения и упругих связей в механизмах ЭП. Разработана новая методика синтеза структуры многоканальных ФНКУ и определения устойчивости регулятора скорости ротора ЭД. Методика основана на использовании известных критериев для распознавания особых точек в системах дифференциальных уравнений, описыва-



ющих динамические процессы управления асинхронным ЭД. Разработана структура адаптивного регулятора скорости с ФНКУ, обеспечивающая устойчивость системы управления асинхронного ЭД:

- при переходе системы управления ЭД на низких скоростях из минимально-фазовой системы в не минимально-фазовую систему и наоборот;
- при изменении параметров передаточной функции асинхронного ЭД ($T_{дв}, k_{дв}$). Отношение $k_{дв}$ к $T_{дв}$ при этом остается постоянным;
- при широкодиапазонном изменении скорости, разгона и торможения.

Разгон и торможение при низких скоростях ротора асинхронного ЭД могут нарушить устойчивость системы управления, и в нем могут возникнуть гармонические автоколебания даже в том случае, когда скачкообразное изменение скорости ротора ЭД при этой скорости, можно уменьшить или вообще устранить. Методы определения устойчивости регуляторов ЭП, рассмотренные в работе [4], не всегда пригодны для количественной оценки устойчивости разработанных регуляторов скорости ротора асинхронного ЭД. Количественная оценка требует знания зависимости $M_{тр}$ для широкого диапазона работы ЭД, что на практике вызывает ряд трудностей. Для диапазона изменений скорости ω (включая скачкообразные изменения) на асинхронном ЭД главного движения технологического оборудования электродугового плазменного напыления экспериментально определены графики изменения момента трения $M_{тр} = f(\omega)$.

Таким образом, разработан алгоритм синтеза многоконтурных ФНКУ и цифровых регуляторов скорости и положения вала ротора асинхронного ЭД с адаптивной обратной связью по скорости. Для некоторых вариантов цифровых регуляторов скорости разработаны нелинейные корректирующие звенья с различной степенью детализации (в частности, с введением или исключением нелинейных связей между амплитудами и частотами). Установлено, что при широкодиапазонных изменениях скорости вала ротора асинхронного ЭД устойчивость системы управления асинхронного ЭП при низких скоростях обеспечивается наличием в структуре ФНКУ дифференцирующих звеньев, последовательно включенных в его основной контур.

Литература

1. Дорф Р. К., Бишоп Р. К. Современные системы управления. М.: Лаборатория базовых знаний, 2004, 831 с.
2. Хасанов З. М., Хасанов О. З., Гузаиров Р. М. Математическая модель движения многосвязных систем электроприводов для технологических процессов электродугового плазменного напыления. Мехатроника, автоматизация, управление. №2, Том. 16, 2015 г. С. 116–122.
3. Хасанов О. З., Хасанов З. М. К синтезу робастно-адаптивной системы с эталонной моделью для динамического управления взаимосвязанными электроприводами роботизированного технологического комплекса плазменного нанесения покрытий. // Вестник УГАТУ, № 4, 2018. С. 150-160.



4. Хасанов З.М., Хасанов О.З. К синтезу адаптивных САУ многосвязными электроприводами с моделью эталоном и с беспойсковым алгоритмом идентификации. // Вестник УГАТУ, Том 21, №. 4, 2017. С. 163-172.

Я.В. Чесноков, М.А. Кудрина

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМА СЖАТИЯ LZSS НА ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

(Самарский университет)

В настоящее время алгоритмы сжатия используются повсеместно при передаче и хранении информации. Разновидностью алгоритмов сжатия без потерь являются словарные алгоритмы сжатия. Метод сжатия с использованием словаря — разбиение данных на слова и замена их на индексы в словаре. В настоящее время это наиболее распространенный подход для сжатия данных [1]. К словарным алгоритмам относятся алгоритмы LZ77, LZ78, LZSS, LZW, LZR, Deflate и т.д. Рассматриваемый алгоритм сжатия данных LZSS (Lempel-Ziv-Storer-Szymanski) — это алгоритм сжатия данных без потерь, основанный на принципах алгоритма сжатия данных LZ77 [2].

Была поставлена задача разработать программный автоматизированный комплекс изучения алгоритмов сжатия данных, позволяющий оценить характеристики алгоритмов сжатия данных (степень сжатия, быстродействие, объём потребляемой памяти), а также строить диаграммы зависимостей этих характеристик от различных параметров алгоритмов, размеров файлов. Рассмотрен алгоритм LZSS и влияние варьирования его параметров (размер словаря, размер буфера) на характеристики, такие как степень сжатия, время сжатия и объём потребляемой оперативной памяти.

Для исследования было взято 30 текстовых файлов формата .txt. Выбор формата текстовых файлов .txt обусловлен тем, что словарные алгоритмы более всего подходят для сжатия текстовой информации. Размер используемых файлов варьируется от 47 килобайт до 7 мегабайт, но при проведении исследований эти файлы разбиваются на части равного размера, задаваемого в программе, и именно с ними проводятся эксперименты.

На рисунке 1 приведён интерфейс разработанной программной системы. Выбрав из выпадающего списка алгоритм LZSS, задав необходимые параметры в виде списков, и указав папку с файлами, мы можем провести исследование, в результате которого станут известны степень сжатия, количество использованной в ходе сжатия данных оперативной памяти компьютера, и время, затраченное на сжатие данных. Результаты каждого индивидуального эксперимента приводятся в поле «Результаты», а также сохраняются в текстовый файл на жёстком диске. Усреднённые результаты для каждой пары «Размер словаря — Размер буфера» приводятся в виде графиков и гистограмм в программе, а также автоматически записываются в excel таблицу.