

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЗИЦИОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Толочко О.И., д.т.н., проф.

Коцегуб П.Х., д.т.н., проф.

Розкаряка П.И., ас.

Донецкий национальный технический университет

83000, Донецк, ул. Артема, 58

toi@elf.dgtu.donetsk.ua

В данной статье выполнена экспериментальная проверка аналитических разработок по преобразованию аналоговых алгоритмов управления позиционными электроприводами, оптимальных по тепловым потерям, в цифровые с учетом экстраполяции, квантования по времени и погрешностей цифрового интегрирования.

Ключевые слова: электропривод, регулирование положения, оптимальное управление, цифровая реализация.

In the given paper the experimental proof of analytic designing by converting of analog algorithms to digital was implemented. These algorithms are for electrical drive position control, what optimal by heat loss. The extrapolation, time quantizing and digital integration error are taken into account.

Key words: electrical drive, control position, optimal control, digital realization.

Введение. При цифровой реализации алгоритмов управления позиционным электроприводом удается сформировать сколь угодно сложные диаграммы отработки заданных перемещений, в том числе диаграммы, оптимальные по тепловым потерям, что позволяет снизить непроизводительные затраты электроэнергии [1-2].

Анализ предыдущих исследований. В работах [3-6] разработан комплекс мероприятий по переходу от известных аналоговых алгоритмов управления позиционным электроприводом, оптимальных по тепловым потерям, к цифровым:

- найдены аналитические выражения, позволяющие скорректировать координаты узловых точек диаграмм с учетом дискретности по времени [3];
- предложена методика устранения влияния эффекта экстраполяции на точность воспроизведения управляющего воздействия [4];
- обоснован выбор методов цифрового интегрирования сигналов задания на скорость и ускорение привода [4-5];
- разработана методика численного решения алгебраического уравнения, позволяющего определить абсциссу одной из точек оптимальной диаграммы, в реальном времени [6].

Целью работы является проверка результатов, полученных аналитическими методами, на экспериментальной установке, позволяющей реализовать цифровую систему управления положением электропривода постоянного тока в реальном времени.

Материал и результаты исследования. Функциональная схема экспериментальной установки представлена на рис.1. Ее силовая часть включает в себя два двигателя постоянного тока серии ПБСТ (M1 – исследуемая машина, M2 – нагрузочная), два тиристорных преобразователя (ТП1 и ТП2) типа ЭТ6. В качестве датчика скорости выступает тахогенератор, расположенный на одном валу с исследуемой машиной M1. Измерение перемещения осу-

ществляется цифровым интегрированием выходного сигнала датчика скорости.

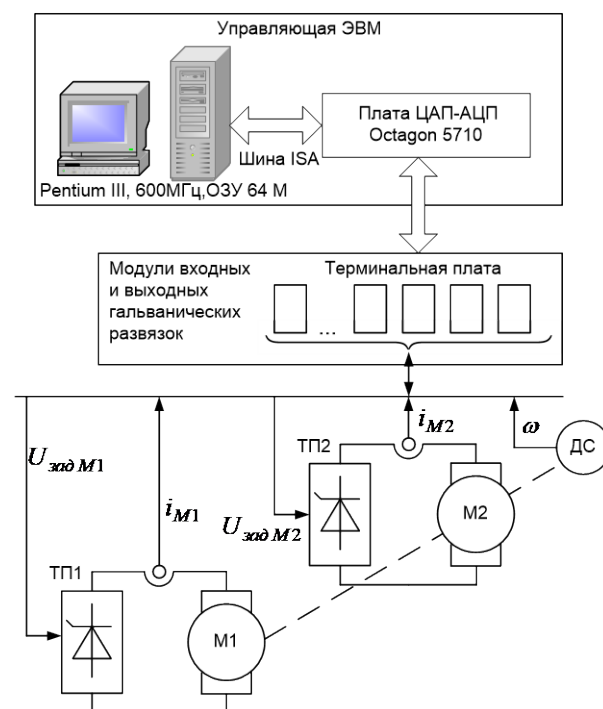


Рис 1 – Функциональная схема экспериментального стенда

Система управления электроприводом реализована на управляющей ЭВМ, в качестве которой выступает персональный компьютер Pentium III (600 МГц). Аналогово-цифровое преобразование сигналов обратных связей и цифро-аналоговое преобразование управляющих воздействий осуществляется платой 5710 Octagon Systems. На выходах ЦАП и входах АЦП установлены модули гальванической развязки фирмы Analog Devices, обеспечивающие полосу пропускания 10 кГц.

Система управления положением построена по

принципу подчиненного регулирования координат и включает в себя регулятор тока с пропорционально-интегральной структурой, пропорциональные регулятор скорости и регулятор положения (РП), с постоянным коэффициентом усиления. В конце отработки заданного перемещения РП отключается, все регуляторы шунтируются. Структура системы управления нагрузочной машины представлена контуром тока, предназначенным для формирования возмущающего воздействия.

Собранная в пакете МАТЛАБ с помощью приложения Real Time Workshop [7] структурная схема систем управления исследуемой и нагрузочной машин компилируется в исполняемый файл, который затем переносится на управляющую ЭВМ, работающую под управлением операционной системы (ОС) реального времени QNX 4.25. Вся эта процедура занимает не более 2-3 минут.

Благодаря использованию ОС реального времени QNX, разработанной для высокоответственных приложений, удалось гарантировать желаемое время выполнения управляющей программы. Надежность QNX обеспечивается её архитектурой, построенной на основе микроядра.

Кроме функции управления, на систему возложены еще и функции визуализации с возможностью оперативного управления системой с клавиатуры компьютера. Предусмотрена возможность записи сигналов с заданной предысторией. Количество записываемой информации ограничивается объемом оперативной памяти, выделяемой для этой задачи. На данной установке для нее выделяется 16 МБ при общем объеме оперативной памяти 64 МБ. Для записи координат одной точки переходного процесса одного сигнала требуется 4 байта. Максимальная длительность регистрации зависит от частоты регистрации и количества регистрируемых сигналов. Например, при частоте 2 кГц длительность регистрации 10 сигналов составит 209,7 секунды, 5 сигналов – вдвое больше и т.д.

Просмотр, анализ, фильтрация, преобразование и дальнейшая обработка зарегистрированных сигналов осуществляется также с помощью системы МАТЛАБ в операционной системе Windows.

На рис. 2 показаны графики переходных процессов тока якоря, скорости, положения и сигналов задания на эти координаты, формируемых цифровым задающим устройством по закону, оптимальному по тепловым потерям: рис 2а – без ограничений, рис 2б – ограничение скорости, рис 2в – ограничение тока при разгоне, рис 2г – ограничение тока и при разгоне и при торможении, рис 2д – ограничение тока при разгоне и скорости, рис 2е – ограничение тока при разгоне, торможении и ограничение скорости.

На графиках приняты следующие обозначения:

$i_{ЗП}$, $\omega_{ЗП}$, $\Delta\varphi_{ЗП}$ – задания на динамический ток, скорость и положение, сформированные задатчиком положения;

i , ω , $\Delta\varphi$ – ток, скорость и положение, полученные системой управления электропривода, при отработке задания от ЗП.

Система управления работает с периодом дискретности 0,5 мс. При этом малая некомпенсируемая постоянная времени электропривода составляет 5 мс. Использование такого периода дискретности позволяет рассматривать цифровую систему управления как аналоговую и не учитывать влияние периода дискретности цифровой ЭВМ при синтезе регуляторов.

Однако, вычислительные мощности существующих систем управления (или другие объективные причины) могут не позволить реализовать предлагаемый ЗП с таким периодом дискретности. Поэтому, в данном эксперименте также осуществлялась проверка возможности работы ЗП с большими периодами дискретности. Так, для графиков, приведенных на рис. 2 ЗП формирует задание на положение, осуществляет расчет и производит необходимую коррекцию сигнала задания с периодом дискретности 10 мс.

Выводы

1. Результаты экспериментальных исследований подтверждают правильность разработанных алгоритмов функционирования ЗП, возможность реализации алгоритмов в реальном времени с выбранным программным обеспечением.
2. Для реализации описанных в [1-6] алгоритмов реализации цифровых ЗП не предъявляется высоких требований к быстродействию и объему оперативной памяти управляющей машины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1. Костенко В.И., Коцегуб П.Х., Розкаряка П.И., Толочко О.И. Формирование оптимальных по нагреву диаграмм отработки заданных перемещений при наличии постоянного статического момента на валу двигателя // Вісник Національного Технічного Університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПИ", 2002, №12. – Т.2. – С. 350-354
2. Карнюшин Л.В., Пышкало В.Д., Рогачев А.И. Области существования оптимального управления электроприводами // Электромашиностроение и электрооборудование. Выпуск 15. Киев, «Техника», 1972. – С. 3-8
3. Розкаряка П.И. Коррекция оптимальных по тепловым потерям диаграмм отработки перемещений с учетом эффекта квантования по времени // Збірник наукових праць ДонНТУ. Серія: "Електротехніка і енергетика". – Выпуск 112: Донецьк: ДонНТУ, 2006. – С 71-75.
4. Толочко О.И., Коцегуб П.Х., Розкаряка П.И. Повышение точности цифрового интегрирования при реализации оптимальных алгоритмов управления позиционным приводом. – Электромашинобудування та електрообладнання. – Київ: Техніка. – 2006. – Выпуск 66. – С. 66-68.
5. Толочко О.И., Коцегуб П.Х., Розкаряка П.И. Особенности цифровой реализации оптимальных алгоритмов управления позиционным электроприводом // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук: КДПУ. – 2006. – №3 (38). Ч. 1. – С. 8-11.
6. Толочко О.И., Розкаряка П.И., Кателло З.И. Численное решение алгебраического уравнения в

реальном времени при реализации оптимального алгоритма управления позиционным электроприводом // Науковий вісник НГУ. – 2006. – №6. – С. 91-94.

7. Коцегуб П.Х., Толочко О.И., Федоряк Р.В. Практическая реализация цифровых САУ в среде

пакета МАТЛАБ с использованием платформы реального времени «QNX TARGET» // Вісник Національного Технічного Університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ", 2002, №12. – Т.1. С. 98-101.

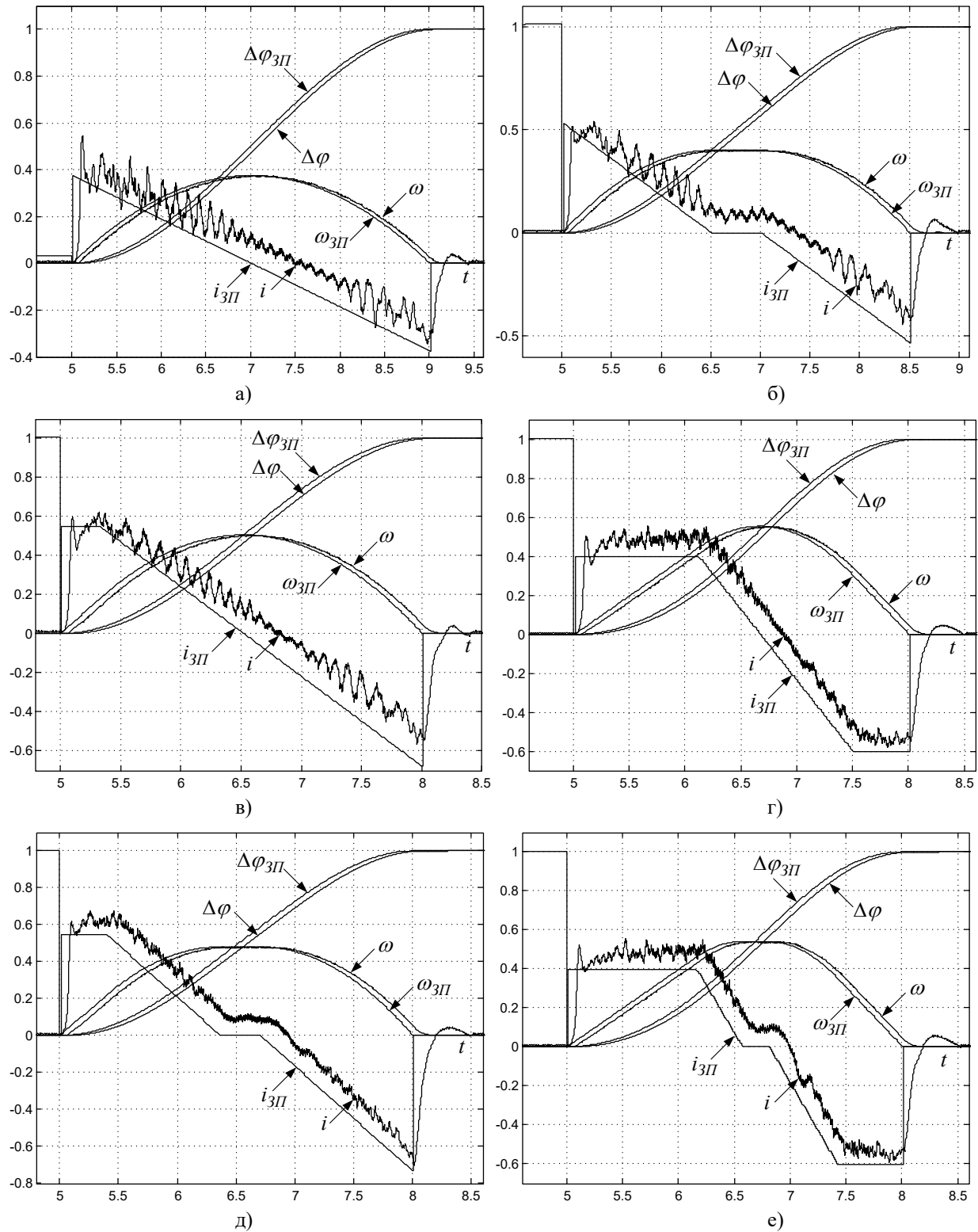


Рис.2 – Графики переходных процессов оптимальных по тепловым потерям диаграмм позиционного электропривода с учетом ограничения на координаты