

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОАНАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ В СРЕДЕ MATLAB + SIMULINK**Лузанова Ю. В., Губарь Ю. В**

Донецкий национальный технический университет

Кафедра компьютерной инженерии

e-mail: abeep@mail.ru**Аннотация**

Лачугин С. С., Губарь Ю. В. Моделирование и исследование цифроаналоговой системы регулирования положения в среде Matlab + Simulink. Разработана Simulink – модель цифроаналоговой системы позиционного электропривода с комбинированным управлением по задающему воздействию. Выполнено исследование переходных процессов от квантования по времени и временного запаздывания, вызванного работой цифровой части системы. Показана эффективность применения комбинированного способа управления в рассмотренной системе.

Общая постановка задачи

Одной из важнейших является проблема дальнейшего совершенствования оборудования и технологий производства. Решение этой проблемы невозможно без создания автоматизированных электроприводов с высокими динамическими и энергетическими характеристиками, что отмечалось в постановлениях международных и украинских конференций по электроприводу [1].

В работе рассматриваются цифроаналоговые системы позиционного электропривода постоянного тока, работающие по заданной программе с ограниченными величинами ускорения и скорости. По сравнению с соответствующими аналоговыми системами позиционного электропривода цифроаналоговые обладают большей точностью позиционирования и надежности, высокой помехоустойчивостью и т. д. [2]. При этом облегчается создание иерархических комплексов управления электроприводами за счет использования стандартных узлов сопряжения между нижним уровнем управления электроприводами и вышестоящими комплексами.

Целью работы является разработка имитационной модели цифроаналоговой комбинированной системы регулирования положения (СРП) и исследование ее динамических характеристик. В качестве инструментального средства визуального моделирования динамических систем выбрана система Simulink, входящая в состав популярного математического пакета Matlab [3].

Описание цифроаналоговой системы регулирования положения

Структурная схема цифроаналоговой СРП с комбинированным управлением по задающему воздействию приведена на рис.1. Система выполнена по принципу подчиненного регулирования [2] и включает два аналоговых регулятора: тока (РТ) и скорости (РС), а также цифровой регулятор положения (РП). Цифровой задатчик положения (ЦЗП) на основе заданного угла поворота вала двигателя φ_3^* формирует сигнал желаемого закона изменения угла поворота вала двигателя (Д) $\varphi_{ж}^*$ и корректирующие сигналы $k_1 \cdot \omega_{ж}^*$ и $k_2 \cdot \varepsilon_{ж}^*$, пропорциональные желаемым законам изменения скорости $\omega_{ж}^*$ и ускорения $\varepsilon_{ж}^*$ (в качестве желаемых приняты технически оптимальные законы управления [2]). Сумма этих сигналов представляет управляющее воздействие g^* , которое поступает на вход РП. Последний осуществляет линейный алгоритм преобразования. Звездочкой на схеме обозначены коды соответствующих сигналов.

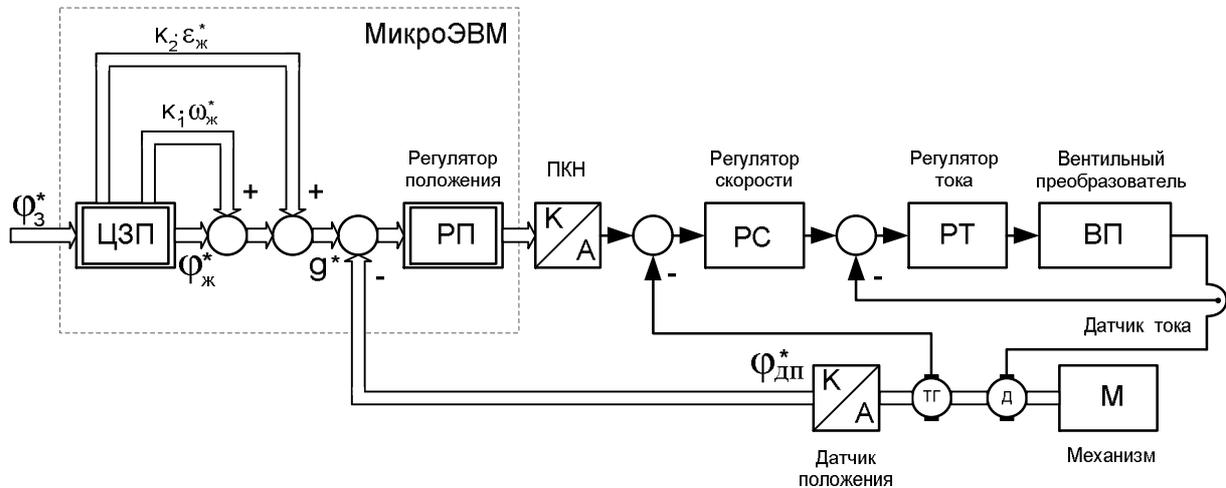


Рис. 1 - Структурная схема цифроаналоговой СРП с задатчиком положения

Согласование цифрового РП с аналоговым контуром регулирования скорости (КРС) осуществляет преобразователь код – напряжение (ПКА), одновременно выполняющего функции экстраполятора нулевого порядка (ЭНП) с фиксацией на период квантования по времени T . В качестве датчика скорости применен тахогенератор (ТГ). Двигатель постоянного тока Д питается от управляемого вентильного преобразователя (ВП). Кодовый датчик положения, установленный на валу двигателя, формирует код сигнала $\varphi_{дп}^*$, соответствующий текущему углу поворота (угловому перемещению).

Описание Simulink – модели цифроаналоговой СРП

Структура имитационной модели цифроаналоговой СРП приведена на рис.2. Субсистема ЦЗП, входящая в состав модели, показана на рис.3. В состав субсистемы входят два цифровых интегратора Int1 (алгоритм Эйлера) и Int2 (метод трапеций), а также блок формирования технически оптимального закона изменения ускорения $\varepsilon_{ж}^*(nT)$ на основе блоков Step и Mux стандартной библиотеки Simulink.

Непрерывная часть СРП состоит из модели КРС в пространстве состояний (State – Space). На ее выходе через блок Demux выводятся текущие значения координат системы: скорости $\omega(t)$, тока $i(t)$ и координаты $x_3(t)$. Непрерывный интегратор Int3 преобразует сигнал скорости $\omega(t)$ в угол поворота вала двигателя $\varphi(t)$. Усилитель G8 с коэффициентом передачи $K_{дп}$ и ЭНП (Z_Or H3) с фиксацией значений на период времени T реализуют модель кодового датчика угла поворота. Блок Transport Delay позволяет организовать в системе временное запаздывание t_3 . Линейный РП с коэффициентом усиления K_{pp} обрабатывает сигнал рассогласования по углу поворота, поступающего с выхода сумматора Sm3, и через ЭНП в качестве сигнала задания $m_1(nT)$ выдается через мультиплексор Mux в аналоговый КРС. При исследовании переходных процессов от тока статической нагрузки I_C на вход КРС может быть сформировано управляющее воздействие $m_2(nT)$.

Через выходные порты Out1 – Out8 рабочей области системы Matlab сохраняются текущие значения всех координат системы (тока (ускорения), скорости, угла поворота) с целью их обработки и визуализации.

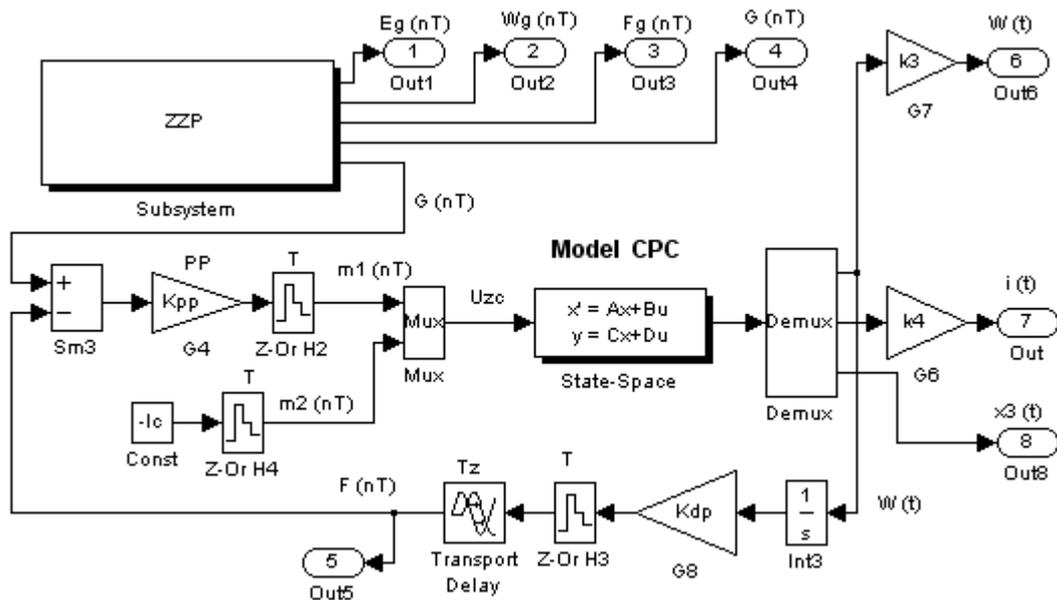


Рис. 2 - Simulink – модель цифроаналоговой СРП

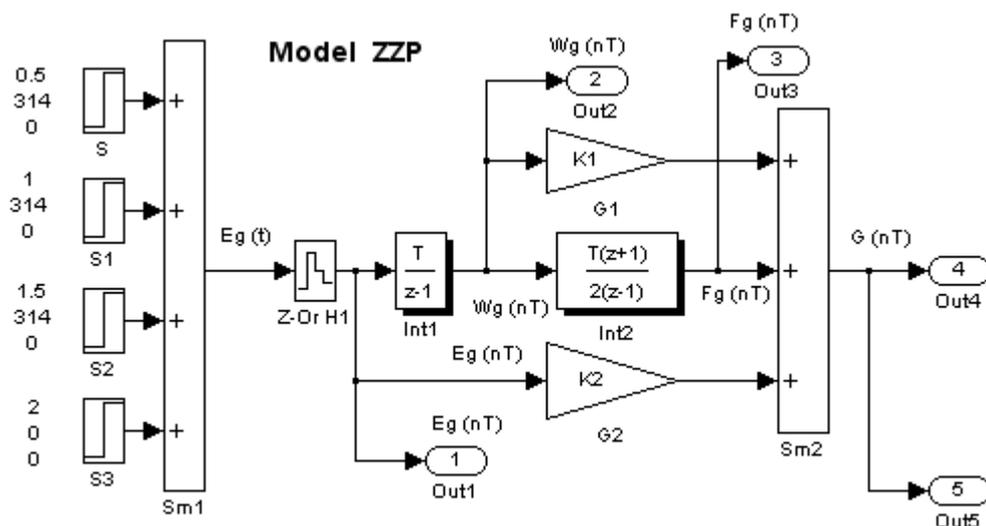


Рис. 3 - Модель subsystemы цифрового задатчика положения (ZFP)

Анализ модельных экспериментов

Анализ результатов моделирования цифроаналоговой СРП показал, что при выборе параметров цифровых РП и ЦЗП из условий модульного оптимума [4] перерегулирование по току на всех участках движения привода при наличии корректирующих связей ЦЗП и без них мало зависит от от величин T ($0 \text{ ? } 20 \text{ мс}$), T_μ ($4 \text{ ? } 10 \text{ мс}$) и τ_3 ($0 \text{ ? } 1$) и составляет $4 \text{ ? } 7 \text{ \%}$. Через T_μ обозначена малая некомпенсируемая постоянная времени контура регулирования тока якоря двигателя, а через τ_3 величина, равная t_3/T . В качестве примера на рис.3 показаны в относительных величинах графики переходных процессов в СРП при отработке больших перемещений с участками разгона, равномерного движения с постоянной

максимальной скоростью ω_M и торможения.

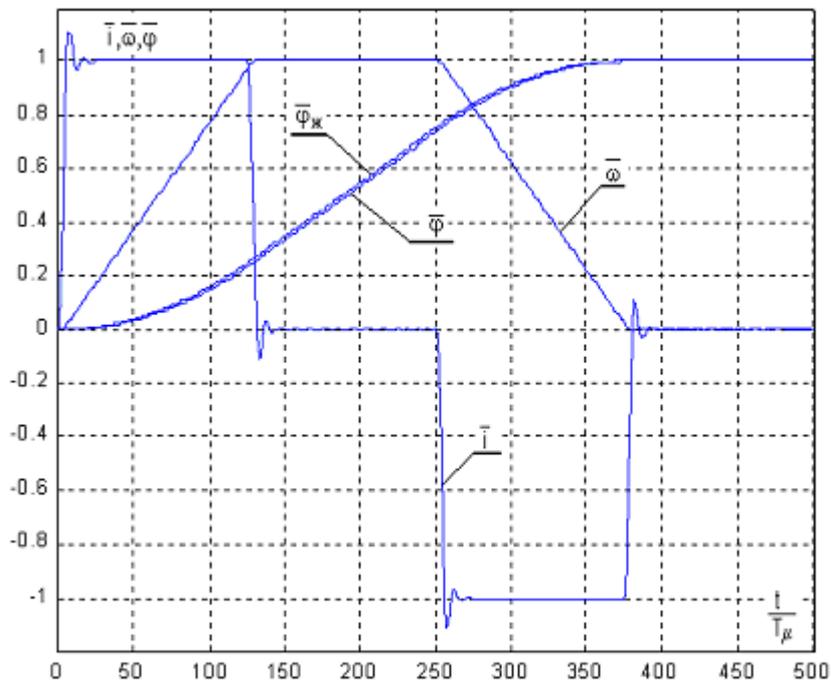
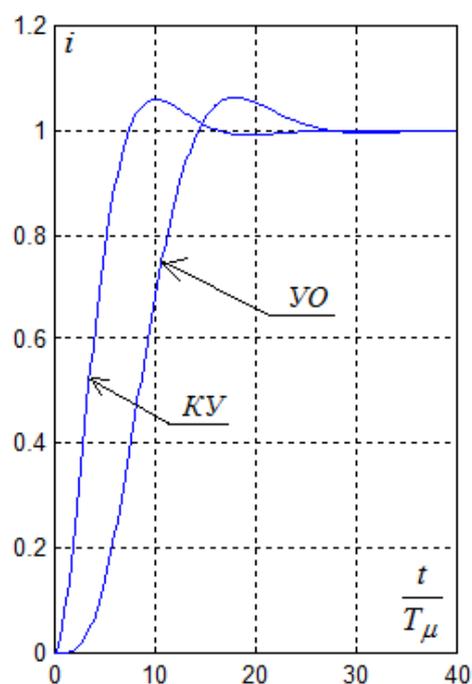
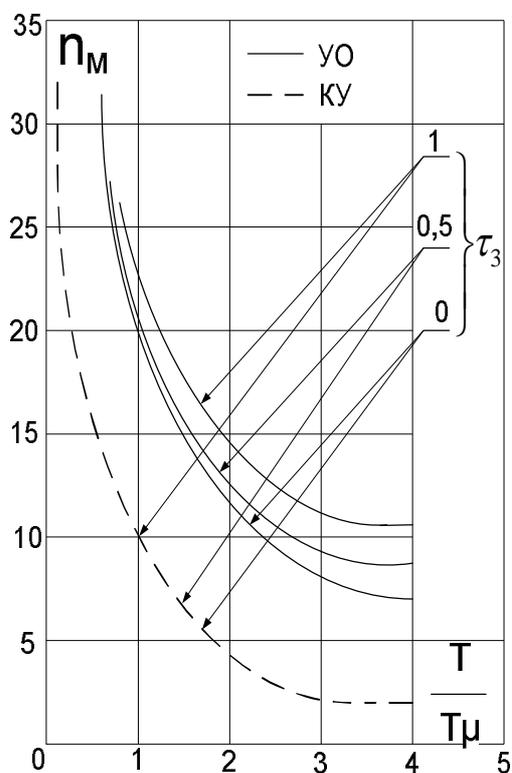


Рис. 4 - Графики переходных процессов в СРП

При отсутствии корректирующих связей ЦЗП K_1 и K_2 быстродействие системы снижается с увеличением периода квантования T и запаздывания t_3 . Использование корректирующих связей позволяет скомпенсировать дополнительную инерционность СРП, обусловленную эффектом квантования по времени и временного запаздывания. При выборе коэффициентов K_1 и K_2 ЦЗП из условий модульного оптимума [4] времена первого согласования тока t_c с установившимся значением и достижения тока максимального значения t_m при обработке управляющих воздействий практически не зависят от величин T/T_μ и τ_3 (в указанном выше диапазоне их изменения) и составляют $t_c \approx (6 \div 8)T_\mu$, $t_m \approx (9 \div 10)T_\mu$, что, как минимум, в два раза меньше, чем в системе с принципом управления по отклонению, и близки к значениям, полученным в аналогичной непрерывной СРП.

Результаты исследования переходных процессов в СРП приведены на рис.4,а и рис.4,б. На рис.4,а приведен график зависимости $n_M(T/T_\mu, \tau_3)$, где n_M - номера тактов, на которых ток якоря двигателя достигает максимального значения $i(n_M T) = i_M$. Сплошными линиями на графиках обозначены соответствующие зависимости в СРП с принципом управления по отклонению (УО), пунктирными - в комбинированной системе (КУ). Графики наглядно подтверждают эффективность СРП с КУ. Моменты времени t_c и t_m могут быть определены из формул: $t_c \approx n_C T$, $t_m \approx n_M T$.



а)

б)

Рис. 5 - Графики зависимостей: а) - $n_M(T/T_\mu, \tau_3)$; б) - $i(t/T_\mu)$

На рис.4,б показан график начального участка изменения тока якоря двигателя i (пропорционального ускорению привода) в СРП с КУ и с принципом управления по отклонению (УО). Этот график наглядно демонстрирует эффективность использования комбинированного управления в рассмотренной СРП.

Выводы

1. Разработана Simulink – модель цифроаналоговой СРП с комбинированным управлением по задающему воздействию.
2. Использование комбинированного управления позволяет скомпенсировать дополнительную инерционность цифроаналоговой СРП, обусловленную эффектом квантования по времени и временным запаздыванием, и улучшить динамические показатели системы.

Список литературы

1. Ильинский Н.Ф. Электропривод в современном мире [Текст] / Н.Ф. Ильинский // Сб. тр. V Международной конференции по автоматизированному электроприводу. – С.- Петербург, 2007. - С.17 - 19.
2. Перельмутер В. М. Цифровые системы управления тиристорным электроприводом [Текст] / В. М. Перельмутер, А. К. Соловьев // К.: Техніка, 1983. – 104 с.
3. Hoffman J. MATLAB and SIMULINK. Beispielorientierte Einführung in Simulation dynamischer Systeme [Текст] / J. Hoffman // Bonn: Addison – Wesley – Longman, 1998 - 493 s.
4. Коцегуб П. Х. Синтез дискретных систем управления по модульному оптимуму [Текст] / П. Х. Коцегуб, Е. В. Колчев, Ю. В. Губарь, А. В. Светличный // Известия вузов. Электромеханика, № 4. – 1983. – С.9 -13.