

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Ташкентский Институт Текстильной и Легкой
Промышленности

Кафедра
«Автоматизация и компьютеризация технологических процессов»

МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ
к лабораторным работам по курсу

«ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ»

Ташкент - 2011

Данное методическое указание предназначено для бакалавров специальности 5521800 - «Автоматизация и управления». Рассмотрены темы занятий по курсу «Цифровые системы автоматизации и управления». Кратко приведены основные теоретические положения, касающиеся данных работ и передложены варианты заданий студентам для самостоятельной работы.

По данному методическому указанию можно изучить предмет «Цифровые системы автоматизации и управления» при подготовке бакалавров.

Цель настоящих лабораторных работ – получение студентами знаний и навыков по основам использования современных цифровых систем автоматизации и управления, а также развитие и закрепление навыков анализа дискретных систем.

Составители: к.т.н., доц. И.Х. Сиддиков,
ст. пр. Д.А. Холматов,
асс. Ю.А.Жукова.

Рецензенты: к.т.н., доц. Абдуллаев М. М. (ТГТУ)
к.т.н., доц. Ибрагимов Э.У. (ТИТЛП)

Рассмотрено и утверждено на заседании учебно-методического совета ТИТЛП

Протокол №_____ от _____ 20____ года

Лабораторная работа № 3

Исследование цифровых систем регулирования с учётом квантования по уровню

1. Цель работы

Целью работы является:

- изучение характеристик АЦП и ЦАП в пакете MatLab;
- получение навыков расчёта двухконтурных цифровых систем регулирования;
- исследование двухконтурных цифровых систем регулирования в пакете MatLab.

2. Постановка задачи

Функциональная схема двухконтурной системы подчинённого регулирования с коммутаторами и одним АЦП, стоящим в цепи обратной связи, представлена на рис.1

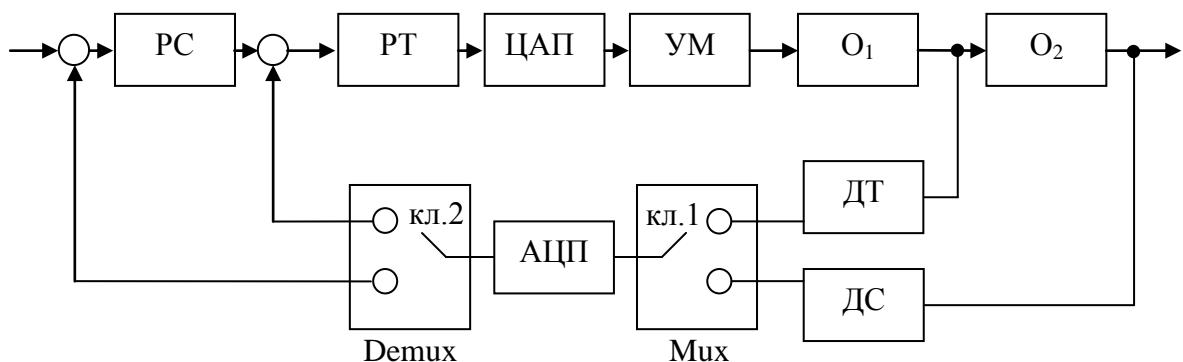


Рис.1. Функциональная схема двухконтурной системы регулирования (РС - регулятор скорости; РТ - регулятор тока; УМ - усилитель мощности; О₁ - Электрическая часть двигателя; О₂ - Механическая часть двигателя; ДТ - датчик тока; ДС - датчик скорости; Demux, Mux - коммутаторы сигналов)

Расчёт системы начинается с внутреннего контура тока, структурная схема которого (аналоговый вариант) представлена на рис.2. По методике, представленной в данной работе, систему регулирования рассчитаем как аналоговую, а затем, задавшись разрядностью АЦП, ЦАП и интервалом дискретности, определим параметры цифрового регулятора, составим структурную схему и модели моделирования в среде Simulink проверим результаты расчёта.

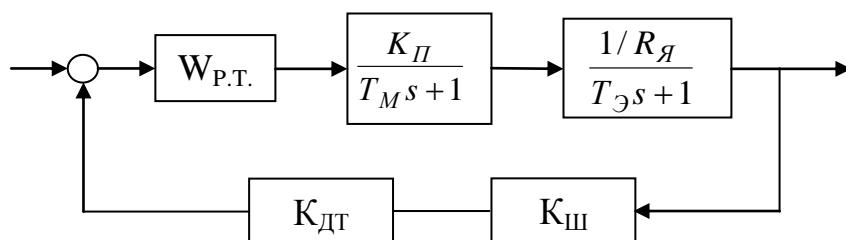


Рис.2. Структурная схема аналого-цифрового контура тока

Исходные данные расчитываемой системы, приведены ниже:

$$T_\mu = 0,0033 \text{ с}; T_3 = 0,037 \text{ с}; I_H = 1880 \text{ А}; U_H = 600 \text{ В}; K_{III} = 150 \text{ мВ при токе } 2500 \text{ А}; R_J = 0,05 \text{ Ом}; KF = 17,09 \text{ в.с./рад.}$$

Настраиваем внутренний контур на технический оптимум

$$W_{PT}(s) \frac{K_{\Pi}}{(T_{\mu}s+1)} \frac{1}{R_{\mathcal{R}}(T_{\mathcal{E}}s+1)} K_{\mathcal{W}} K_{\mathcal{DT}} = \frac{1}{2T_{\mu}s(T_{\mu}s+1)}. \quad (1)$$

Из соотношения (1), получаем передаточную функцию регулятора тока:

$$W_{PT}(s) = \frac{R_{\mathcal{R}}(T_{\mathcal{E}}s+1)}{2T_M K_{\Pi} K_{\mathcal{W}} K_{\mathcal{DT}} s}. \quad (2)$$

Недостающие данные выражения (2), определяем из следующих соображений. Принимаем, что напряжение 5 В, которое поступает на СИФУ, полностью открывает тиристорный мост и на двигатель подаётся напряжение U_1

$$U_1 = K_T U_C = 2,34 \cdot 400 = 936 \text{ В}, \quad (3)$$

где, K_T – коэффициент трёхфазной схемы выпрямителя; 400 В – напряжение питания тиристорного моста.

С учётом принятых напряжений, характеризующих усилитель мощности, определяем коэффициент усиления преобразователя K_{Π} :

$$K_{\Pi} = \frac{U_1}{5} = \frac{936}{5} = 187,5. \quad (4)$$

При определении $K_{OT} = K_{\mathcal{W}} K_{\mathcal{DT}}$ принимаем, что напряжение 5 В на выходе датчика тока появится при токе 2500 А.

$$K_{OT} = K_{\mathcal{W}} K_{\mathcal{DT}} = (150 \cdot 10^{-3} / 2500)(5 / 150 \cdot 10^{-3}) = 0,002 \text{ В/А}. \quad (5)$$

Определим напряжение U_2 на выходе датчика тока при номинальном токе двигателя:

$$U_2 = K_{OT} I_H = 0,002 \cdot 1880 = 3,76 \text{ В}.$$

Учитывая, что линейный диапазон операционных усилителей ± 10 В, то напряжение U_2 обеспечивает 2,5 кратную перегрузку двигателя по току.

В дальнейшем, корректность перехода от аналоговой системы к цифровой будет определяться по переходным характеристикам. Для этого аналоговые и цифровые системы следует поставить в одинаковые условия.

Определим код задания, выводящий двигатель на номинальный режим ($I_H = 1880$ А). Принимаем, что входное напряжение равно 5 В и АЦП аналоговый сигнал (без учёта знака) преобразует в 10-битный код. С учётом вышеизложенного, задание на номинальный ток в цифровой системе определяется как:

$$C_{3I} = 2^n I_H / 2500 = 2^{10} \cdot 1880 / 2500 = 770, \text{ где, } n=10.$$

При моделировании ЦС следует контролировать напряжение, подаваемое на Encoder (АЦП) и следить, чтобы оно не превышало паспортных данных

входного напряжения АЦП. Для рассмотренного типа АЦП входное напряжение равно 5 В. При токе двигателя 2500 А код на выходе АЦП равен 1024.

Рассмотрим как будет вести ЦС при задании равном $2I_H = 3760$ А (рис.3), что при принятых настройках АЦП и параметрах двигателя соответствует коду:

$$C_{3I} = 1,5I_H \cdot 5 / 2500 = 5 \cdot 37600 / 2500 = 1540$$

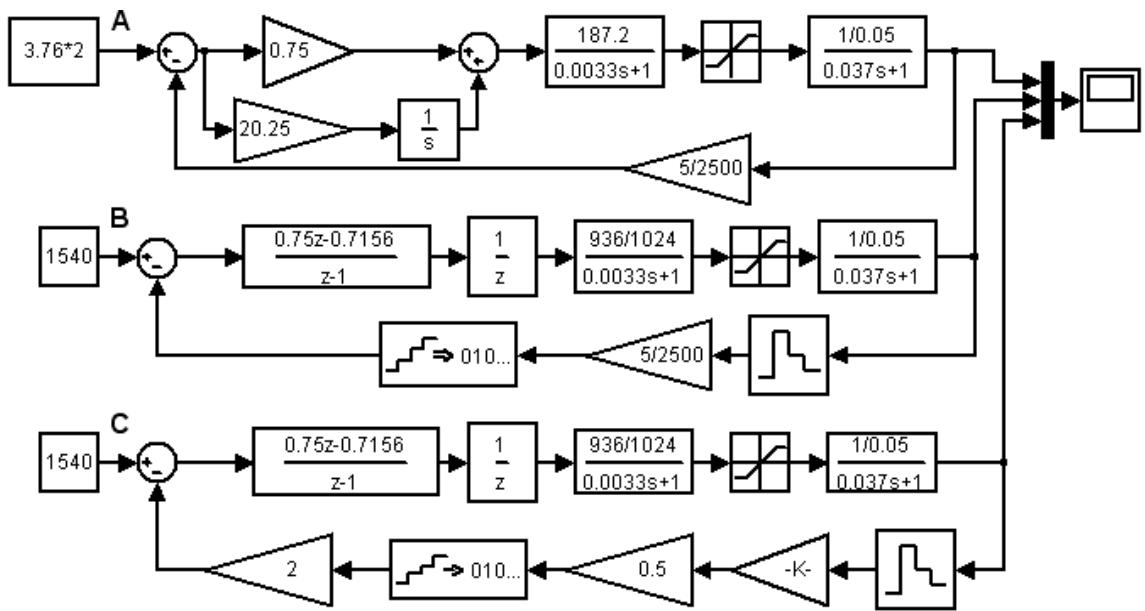


Рис.3. Структурная схема контура тока. (А – аналоговая система; В – цифровая система, у которой напряжение на входе АЦП превышает его паспортные данные; С – цифровая система с согласованным напряжением по выходу АЦП)

Результат испытания структурной схемы (рис.3), представлен на рис.4. Из рис.4 следует, что в схеме, где входное напряжение АЦП превышает его паспортные данные, переходной процесс в модели не удовлетворительный (кривая 3). Это объясняется разрывом цепи по каналу тока. Для приближения процессов в модели к её физическому аналогу в обратной связи следует уменьшить в 2 раза напряжение, подаваемое на АЦП, а затем, для сохранения коэффициента усиления обратной связи неизменным, следует в 2 раза увеличить коэффициент усиления на выходе АЦП (рис.3,С). Сравнительные испытания систем (рис.3,В и рис.3,С) показывают необходимость контролировать входное напряжение АЦП, и, если оно окажется выше паспортных данных, ввести соответствующие методы коррекции. Если входное напряжение АЦП не превышает его паспортных данных, то отличие переходных процессов аналоговой системы от цифровой незначительное (кривых 1 и 2).

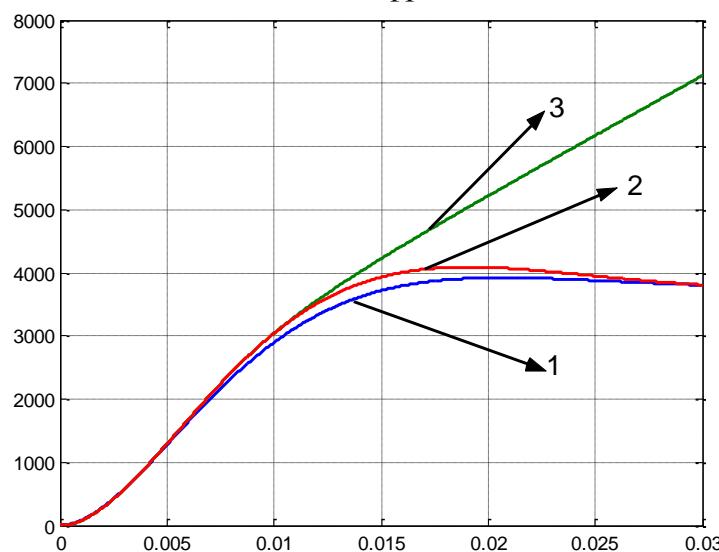


Рис.4. Результаты испытания структурных схем (1 - переходной процесс, соответствующий рис.4,А; 2 - рис.4,С; 3 - рис.4,В)

Переходим к настройке контура скорости. Учитывая, что передаточная функция оптимизированного замкнутого контура тока известна

$$W_{3T}(s) = \frac{1/K_{OT}}{2T_{\mu C}s + 1} = \frac{1/K_{OT}}{T_{\mu C}s + 1},$$

структурная схема двухконтурной системы принимает вид (рис.5)

При настройке системы на технический оптимум параметры регулятора скорости определяются из соотношения

$$W_{PC} \frac{1/K_{OT}J}{(T_{\mu C}s + 1)KFK_{OC}} = \frac{1}{2T_{\mu C}s(T_{\mu C}s + 1)};$$

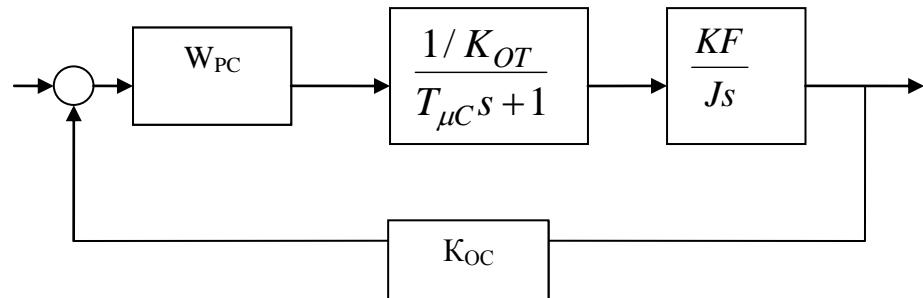


Рис.5. Структурная схема контура скорости.

$$W_{PC} = \frac{K_{OT}J}{2T_{\mu C}KFK_{OC}} = \frac{\frac{1024}{2500} \cdot 1740}{2 \cdot 0,0067 \cdot 17,9 \cdot \frac{1024}{5} \cdot 0,05} = 283,4 \cdot$$

Используя паспортные данные двигателя и коэффициент передачи тахогенератора ($K_{TG} = 0,05$ вс/рад), определяем код задания на номинальную скорость

$$C_{3CH} \frac{\pi m_H}{30} K_{TG} K_{AЦП} = \frac{\pi 270}{30} \cdot 0,05 \cdot \frac{1024}{5} = 290.$$

По расчётным данным представлена структурная схема двухконтурных систем регулирования (рис.6).

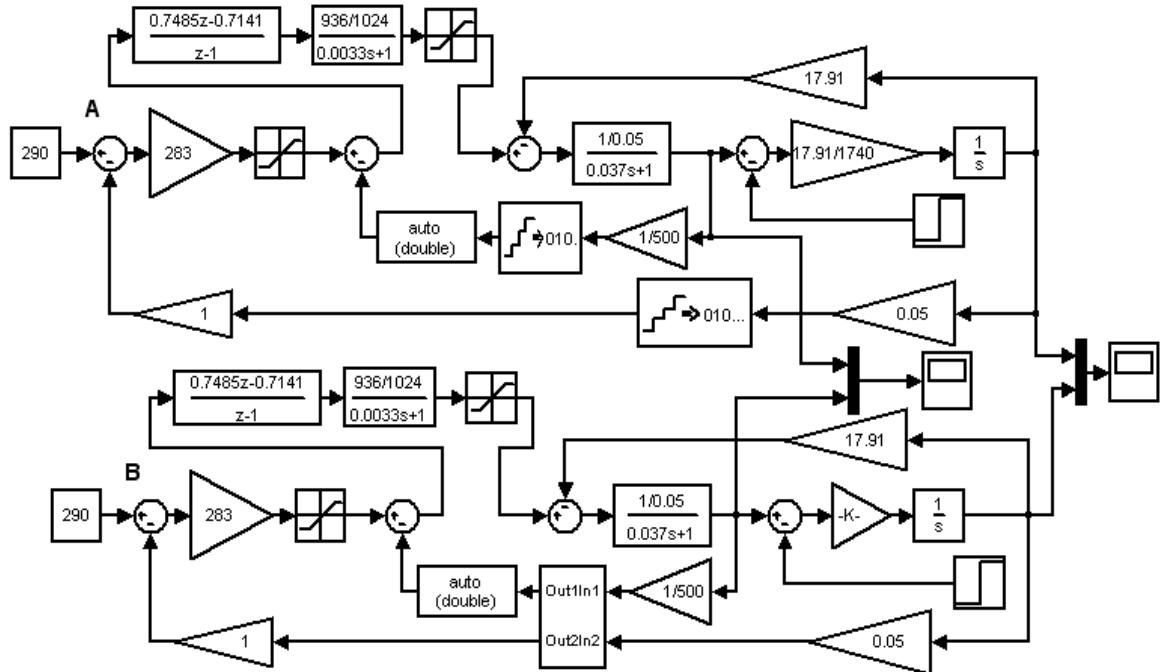


Рис.6. Структурная схема двухконтурных систем (A – два АЦП в каждом канале; B – одно АЦП и коммутатор)

Коммутатор каналов системы (рис.6,В) выполняет в виде подсистемы, схема которого представлена на рис.7. Коммутация каналов осуществляется Pulse Generator с периодом T_Γ следования импульсов, равным удвоенному значению T_Π , т.е. $T_\Gamma=2T_\Pi$. Скважность импульсов составляет 50%, что позволяет за один период T_Γ коммутировать два канала: канал тока и канал угловой скорости.

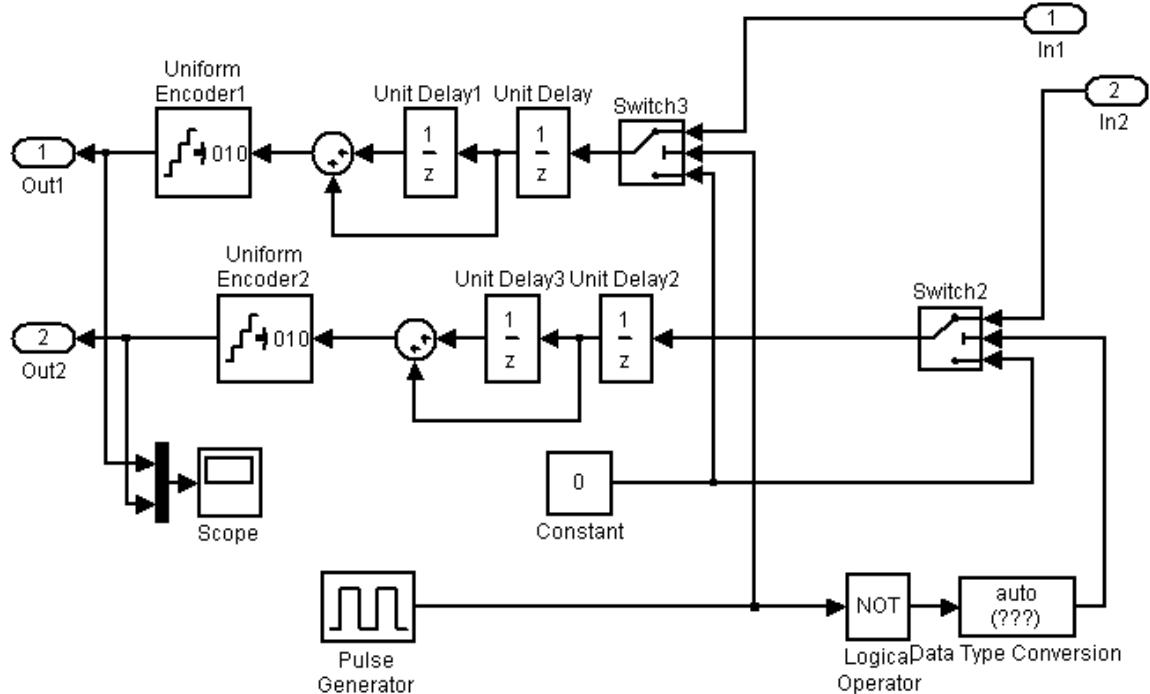


Рис.7.Схема моделирования АЦП с коммутатором

При одновременном поступлении аналоговых сигналов по входам In1 и In2 настройкой параметров Pulse Generator имеется возможность определить очерёдность поступления аналоговых сигналов на вход АЦП. Предположим, что первым работает канал тока. Тогда аналоговый сигнал тока первым (почти мгновенно) поступит на блок задержки, а аналоговый сигнал угловой скорости поступит на свой блок задержки через время $T_\Gamma / 2$. Через время T_Γ аналоговый сигнал тока поступит на Encoder 1 и будет храниться в выходных регистрах АЦП в течении времени T_Γ , а аналоговый сигнал угловой скорости поступит на Encoder 2 через время $T_\Gamma + T_\Pi$.

Настройка Encoder определяется входными параметрами аналогового сигнала и разрядностью АЦП. В исследуемой системе принят АЦП со следующими параметрами: входное напряжение 5 В, а аналоговый сигнал с учётом знака представляется 11 битным кодом.

Согласование выходных сигналов тока и угловой скорости с АЦП осуществляется масштабными усилителями K_1 и K_2 .

Масштабный усилитель тока K_1 определяется из соотношения

$$K_1 = K_{Ш} K_{ЭТ} = (150 \cdot 10^{-3} / 2500)(5 / 150 \cdot 10^{-3}) = 1 / 500.$$

Масштабный усилитель угловой скорости K_2 задан параметрами тахогенератора

$$K_2 = 0,05 \text{ в/рад.}$$

Результаты моделирования систем, представлены на рис.6, изображены на рис.8.

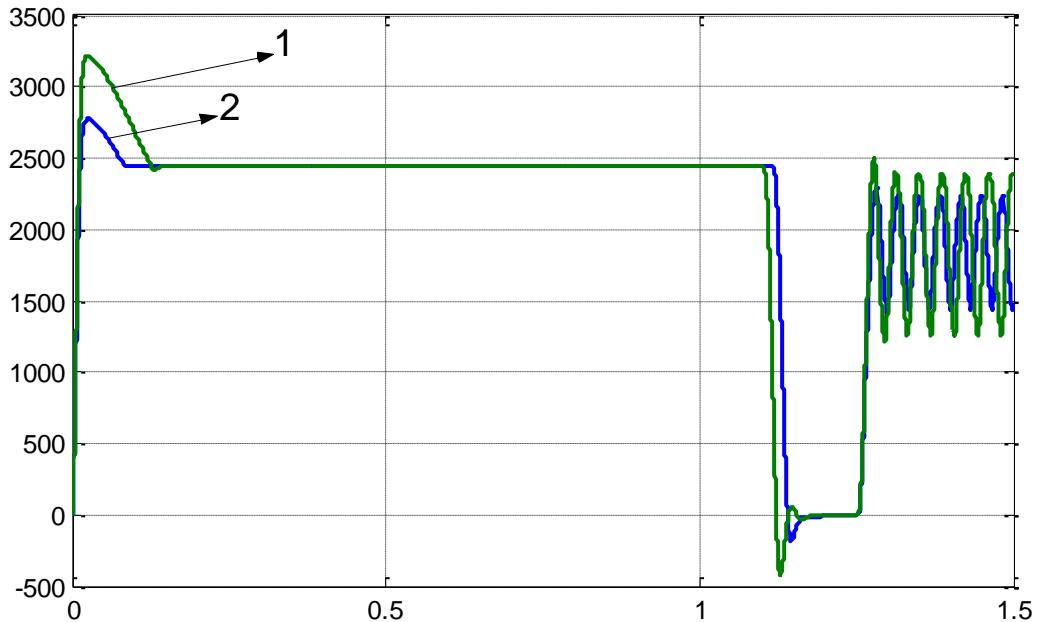


Рис.8. Результаты моделирования структурных схем, представленных на рис.6.

Из кривых видно, что в системе возникают незатухающие колебания тока, которые отражаются и на угловой скорости. Причём, в системах с одним АЦП амплитуда колебаний тока (кривая 1) в 1,5 раза выше, чем в системах с АЦП, стоящих в каждом канале (кривая 2).

Добавим к П-регулятору интегральную часть, определяемую соотношением:

$$W_I = 1 + \frac{1}{4} T_\mu s = 1 + \frac{1}{4} \cdot 2 \cdot 0,0033s = \frac{1 + 37,31}{s},$$

и получим двухконтурную систему, построенную на симметричный оптимум. В соответствии с расчётными данными на рис.9 представлена схема моделирования двух цифровых систем.

Как показали результаты моделирования, учёт квантования по уровню отражает нежелательные явления: возникновением колебаний тока и скорости. Уменьшить колебания можно двумя путями:

- увеличение разрядности АЦП;
- перераспределение коэффициентов передачи блоков, стоящих в цепи ОС контура скорости.

Так как первый путь очевиден, то более подробно рассмотрим второй путь. Как показывают расчёты, при номинальной скорости двигателя 270 об./мин. на вход АЦП поступает напряжение

$$U = \frac{\pi n_H}{30} K_{TT} = \frac{\pi 270}{30} \cdot 0,05 = 1,4 \text{ В.}$$

Так как АЦП рассчитано на входной сигнал 5 В, то, не изменяя цены младшего разряда, можно увеличить коэффициент усиления блоков до входа в АЦП в 3 раза. Чтобы коэффициент усиления цепи обратной связи остался без изменения, следует уменьшить в 3 раза коэффициент усиления блоков, стоящих после АЦП (рис.9,В).

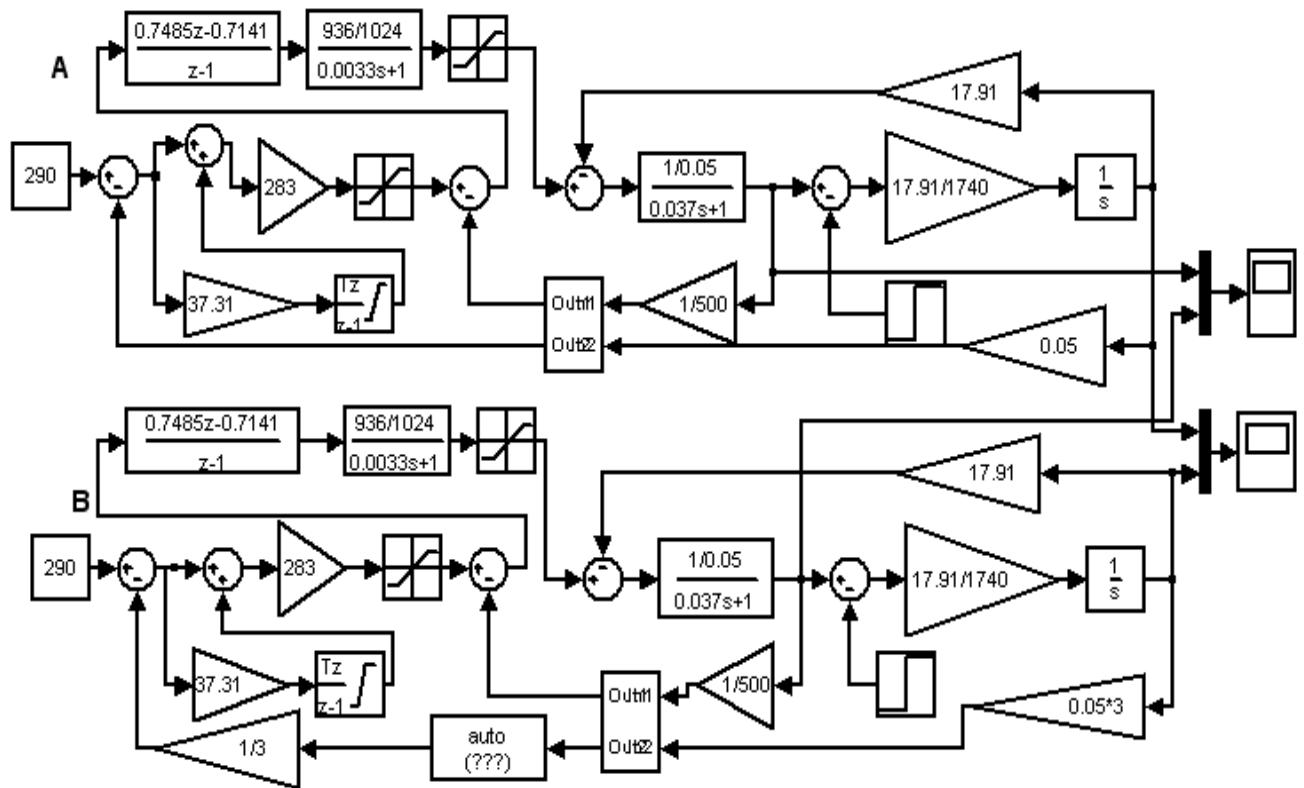


Рис.9. Схема моделирования цифровых двухконтурных систем регулирования
(А- обычная ОС, В- модифицированная ОС)

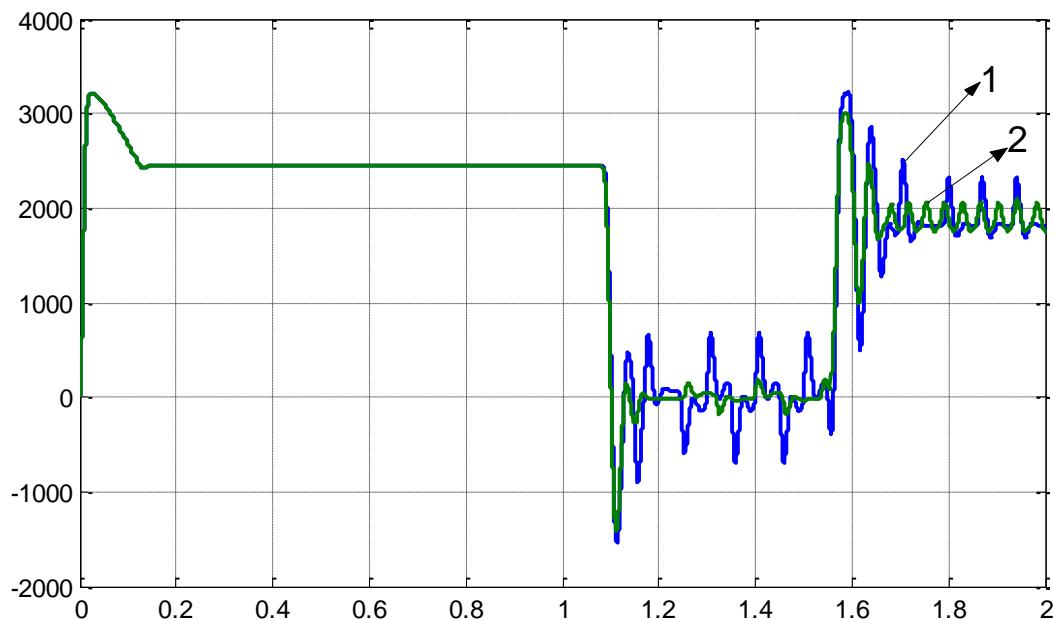


Рис.10. Результаты моделирования структурных схем (рис.10) (1-обычная обратная связь, 2- модифицированная обратная связь)

Испытание систем с обычной и модифицированной обратной связью представлены на рис.10, которые показали, что применения ПИ-регулятора скорости и ввод модифицированной обратной связи (кривая 2) значительно уменьшают (больше чем в 2 раза) колебания тока, по сравнению с системой, имеющей обычную обратную связь (кривая 1).

4. Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется на ПК с использованием системы MATLAB (пакетов Simulink и Control System Toolbox).

1. В пакете Control System Toolbox по исходным данным (таб.1) для непрерывной системы в функции круговой частоты построить:

- ЛАЧ и ЛФЧ характеристики располагаемой системы;
- ЛАЧ и ЛФЧ желаемой системы.

2. По анализу ЛАЧ и ЛФЧ характеристик располагаемой и желаемой систем регулирования определить передаточную функцию и параметры непрерывного корректирующего устройства.

3. Исходя из принятого рабочего диапазона частот ω , определить T_{Π} , при котором соотношение между круговой частотой ω и абсолютной псевдочастотой λ , заданные соотношением (6)

$$\lambda = \operatorname{tg} \frac{\omega T_{\Pi}}{2}, \quad (6)$$

можно приближенно заменить соотношением (7)

$$\lambda \approx \frac{\omega T_{\Pi}}{2}. \quad (7)$$

В этом случае логарифмические характеристики непрерывной системы, построенные в функции ω , и логарифмические характеристики цифровой системы, построенные в функции λ , в области существенных частот будут совпадать.

4. Для непрерывной части системы определить z-передаточную функцию с учётом, что для согласования цифровой части системы с ее непрерывной частью используется запоминающий элемент нулевого порядка.

5. Записать z-передаточную функцию, полученную в предыдущем пункте, на W-плоскости.

6. Используя подстановку $W = j \frac{\lambda T_{\Pi}}{2}$ построить частотные характеристики дискретной системы в функции псевдочастоты.

7. Анализируя частотные характеристики непрерывной системы в функции круговой частоты и дискретной системы в функции псевдочастоты, сделать выводы о выборе T_{Π} .

8. Определить передаточную функцию корректирующего устройства в функции псевдочастоты.

9. Используя подстановку $j\lambda = \frac{2}{T_{\Pi}} \frac{(z-1)}{(z+1)}$ определить z-передаточную функцию дискретного корректирующего устройства.

10. Используя пакет Control System Toolbox определить ЛАЧ характеристики цифровых систем в функции псевдочастоты и по ним оценить качество переходных процессов. Оценить влияние уменьшения коэффициента усиления разомкнутой системы, вызванного вводом корректирующего устройства, на качество процессов регулирования.

11. Собрать в пакете Simulink структурные схемы скорректированной непрерывной и скорректированной цифровой систем регулирования и оценить качество непрерывной и цифровой коррекции.

12. Увеличивая коэффициент усиления непрерывной части системы, улучшить динамические характеристики непрерывной и цифровой систем регулирования. Используя ЛАЧ характеристики дать объяснения.

5. Исходные данные для выполнения лабораторной работы

Рассчитать цифровую систему управления двигателем постоянного тока со следующими данными: $U_{AЦП} = 5 \text{ В}$, $U_{сети} = 400 \text{ В}$. Двигатель получает питание от трёхфазного выпрямителя. Коэффициент выпрямителя $K = 2,34$.

№	U _H , В	I _H , А	n_H , об/ мин	R _я , Ом	J, тм ²	L _я , мГн	T _μ , с	Разр. мкпр, бит	Шун т, мВ	Знаковое представле- ние		K _{ТГ} , вс/ рад
										со зна- зна- ком	без зна- ка	
1	600	1880	270	0,05	1,74	1,83	0,0033	8	150	+	-	0,05
2	650	1660	360	0,049	1,63	1,7	0,0033	8	200	-	+	0,05
3	700	1660	360	0,05	1,54	1,81	0,0028	8	200	+	-	0,05
4	500	1990	400	0,049	1,54	1,7	0,0028	8	150	-	+	0,05
5	500	1990	300	0,05	1,61	1,81	0,0033	8	150	+	-	0,05
6	1000	1880	360	0,05	1,61	1,8	0,0031	10	200	-	+	0,06
7	1000	1880	360	0,045	1,61	1,79	0,003	10	300	+	-	0,06
8	1000	1880	360	0,045	1,61	1,79	0,003	10	350	-	+	0,06
9	700	1980	360	0,052	1,68	1,89	0,0031	10	150	+	-	0,04
10	700	1980	360	0,052	1,68	1,79	0,0031	10	200	-	+	0,04
11	750	2020	390	0,052	1,68	1,81	0,005	11	200	+	-	0,04
12	750	2020	390	0,047	1,64	1,84	0,005	11	200	-	+	0,04
13	650	1920	310	0,047	1,63	1,79	0,005	11	300	+	-	0,03
14	650	1920	310	0,045	1,65	1,93	0,0053	11	300	-	+	0,03
15	650	1920	290	0,045	1,65	1,94	0,0054	11	350	+	-	0,03
16	650	1920	290	0,054	1,65	1,69	0,0054	12	150	-	+	0,03
17	600	1800	250	0,054	1,74	1,63	0,0026	12	150	+	-	0,05
18	600	1800	270	0,054	1,74	1,79	0,0026	12	200	-	+	0,05
19	600	1800	270	0,045	1,74	1,83	0,0028	12	180	+	-	0,05
20	600	1800	270	0,05	1,74	1,83	0,0033	12	180	-	+	0,05
21	500	1750	300	0,047	1,68	1,83	0,0059	9	200	+	-	0,04
22	500	1750	300	0,047	1,69	1,91	0,0059	9	250	-	+	0,05
23	500	1750	330	0,05	1,7	1,89	0,006	9	150	+	-	0,06
24	800	1700	320	0,05	1,7	1,66	0,0057	9	225	-	+	0,03
25	820	1700	320	0,052	1,74	1,73	0,0058	9	150	+	-	0,04

Литература

1. Джонс Э., Саттон Д. Office 97 Библия пользователя. - К.-М.: "Диалектика", 1997.
2. Пасько В. Access 97 (Русифицированная версия) - К: Изд.группа BHV, 1998.
3. Информатика. Технологии работы на компьютере/ под ред. Н.В.Макаровой. М.: Финансы и статистика. 2003. 865 с
4. Мартин Дж. Организация баз данных вычислительных системах.-М.:Мир.1980. - 664 с
5. Костин А.Е., Шаньгин Б.Ф. Организация и обработка структур данных в вычислительных системах. Учебн.пособие для вузов . - М.: Высш. шк. 1987. - 248 с.
6. Microsoft Access: наглядно и конкретно. М:Персанг. 1997 г
7. Гайдаманил Н. А. Автоматизирования информационные системы, базы данных. Вводный курс. М.:2002, 368с
8. Информатика. Практикум по технологии работы на компьютере//под ред. Н.В.Макаровой. М.: Финансы и статистика. 2003. -256 с.
9. Крамм Р. Системы управления базами данных dBASEII и dBASEIII для персональных компьютеров. - М.: Финансы и статистика. 1988.-283 с.
- 10.Фигурнов В. Э. IBM PC для пользователя. М-ИНФРА. 2001, 480 с
- 11.<http://www.infocity.uk>
- 12.<http://www.delphi.ru>
- 13.<http://www.delphimaster.ru>
- 14.<http://www.leader.ru>