ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСТИТЕТ»

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

Отчёт по лабораторной работе №1

По дисциплине: «Теория автоматического управления»

«Влияние процесса квантования на динамические свойства дискретной системы автоматического управления»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выполнил:  Студент группы | АПН-21 |  |  |  | Шолохова А.О. |
|  | (шифр группы) |  | (подпись) |  | (ФИО) |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Проверил: | Доцент |  |  |  | Мансурова О.К. | |  | (должность) |  | (подпись) |  | (ФИО) | |  |

Санкт-Петербург

2023

**Цель работы**

Исследование влияния шага квантования на динамику промышленных систем.

**Краткие теоретические сведения**

Цифровой регулятор (ЦУОИ – цифровое устройство обработки информации) может быть технически реализован на основе мик­ропроцессора, микроконтроллера и т.д. и предназначен для преобразования цифровой последовательности, поступающей с системы контроля со­стояния через АЦП, в цифровую последовательность управляющих воздействий Uр[nT], полученных в результате обработки входной информации в со­ответствии с заданной программой. ЦАП преобразует Uр[nT] в непрерывную функцию. Как правило, применяют ЦАП нулевого порядка, когда величина на его выходе остается постоянной в течение времени Т.

Причины внедрения в практику дискретных систем:

* Включение ЦУОИ в контур управления позволяет осуществить весьма сложные алгоритмы управления, которые невозможно технически реализовать аналоговыми средствами.
* Гибкость. Переход от одного алгоритма управления к другому сводится к перепрограммированию и не требует замены технических средств.
* Высокая помехозащищенность.
* Меньшие габариты, веса.
* Отсутствие дрейфа нуля.

Экстраполятор предназначен для поддержания постоянного значения на выходе цифрового регулятора в течение всего периода квантования Т. Другими словами, он исполняет роль ЦАП с достаточно большим числом разрядов. Для него устанавливается только один параметр – шаг квантования.

Вместе с тем процесс квантования оказывает отрицательное влияние на динамику системы вследствие потери информации, связанной с процессом квантования непрерывного сигнала.

Рациональный выбор частоты квантования в замкнутых системах (САУ с обратной связью) основывается на понимании ее влияния на качество системы. Слишком длинный период квантования не позволит осуществить восстановление непрерывного сигнала, что в свою очередь приведет к снижению качественных показателей системы, вплоть до потери устойчивости. При этом при­ходится искать компромисс между производительностью (чем меньше шаг, тем выше должна быть производительность) микропроцессора и его стоимостью (чем выше производительность, тем выше стоимость).

Частота квантования связана с полосой пропускания замкнутой сис­темы. Отношение частоты квантования к частоте среза системы согласно теореме Котельникова оказывается недостаточным, приемлемые результаты обычно получают при .

**Исходные данные**

В таблице 1 приведены исходные данные, согласно варианту №1.

Таблица 1 – Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Ккт | Ткт | Rя | Кд | Тэм | Кос | Тос |
| 21 | 25 | 0,02 | 1,4 | 1,3 | 1,1 | 0,1 | 0,025 |

**Ход работы**

На рисунке 1 представлена схема моделирования в МВТУ.

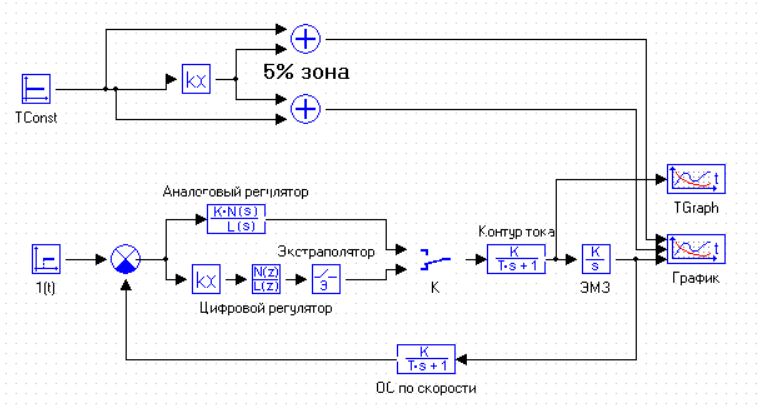


Рисунок 1 – Схема моделирования ЗСАУ

Изображение выглядит как диаграмма, План, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 2 - Структурная схема

20lgKрк = 20\*lg21.86 = 26.79

1. **Исходные малые постоянные времени**
   1. **Аналоговая система (ключ К в верхнем положении)**

Принять настройку регулятора на СО:

Для моделирования ПИ-регулятора необходимо привести его передаточную функцию к виду:

, где

Параметры числителя регулятора устанавливаются в строке «Коэффициенты числителя» через пробел, аналогично параметры знаменателя . Введенные параметры представлены на рисунке 2.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, дисплей, число

Автоматически созданное описание

Рисунок 2 – Параметры аналогового регулятора

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, диаграмма

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как текст, диаграмма, График, снимок экрана

Автоматически созданное описание

Рисунок 3 – График переходного процесса при ступенчатом единичном воздействии и тока якоря

Iя макс = 66,8, tпп= 0,34 с, е = 0, *σ* = 33 %

* 1. **Дискретная система (ключ К в нижнем положении)**

Для получения передаточной функции цифрового регулятора воспользуемся преобразованием Тустена при замене . Предварительно разделим цифровой ПИ – регулятор на два звена *Крег=β* и *W1(z)*, тогда

Далее необходимо провести исследование дискретной системы, считая, разрядность ЦАП достаточной для того, чтобы она не оказывала влияния на динамические свойства системы.

В таблице 2 представлены результаты расчета параметров регулятора и результаты моделирования.

Таблица 2 – Результаты расчета параметров регулятора и результаты моделирования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Т | 0,002 | 0,024 | 0,046 | 0,068 | 0,09 | 0,112 | 0,134 | 0,156 |
| b0 | -179 | -14 | -6,8 | -4,3 | -3 | -2,21 | -1,68 | -1,31 |
| b1 | 181 | 16 | 8,8 | 6,3 | 5 | 4,21 | 3,68 | 3,31 |
| a0 | -180 | -15 | -7,8 | -5,3 | -4 | -3,21 | -2,68 | -2,31 |
| a1 | 180 | 15 | 7,8 | 5,3 | 4 | 3,21 | 2,68 | 2,31 |
| tпп | 0,61 | 0,65 | 0,91 | 1,47 | 2,62 | 5,34 | 15,7 | - |
| *σ* | 50 | 63 | 79 | 97 | 108 | 129 | 135 | - |
| Iя max | 69 | 74,9 | 79,6 | 78,7 | 83,3 | 86,5 | 91,01 | - |
| e | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

На рисунках 4–8 представлены графики, иллюстрирующие содержание таблицы 2.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, диаграмма, линия

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, программное обеспечение

Автоматически созданное описание

Рисунок 4 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,002

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, диаграмма

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст, снимок экрана, диаграмма, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 5 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,024

Изображение выглядит как текст, диаграмма, линия, снимок экрана

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст, снимок экрана, диаграмма, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 6 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,046

Изображение выглядит как текст, линия, снимок экрана, График

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст, снимок экрана, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 7 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,068

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, диаграмма

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 8– График переходного процесса и тока якоря при Т=0,09

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, График

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, Шрифт

Автоматически созданное описание

Рисунок 9 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,112

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, График

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 10 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,134

Изображение выглядит как текст, линия, График, Шрифт

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст, линия, Параллельный, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 11 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,156

1. **Малые постоянные времени больше исходных в 2 раза**
   1. **Аналоговая система (ключ К в верхнем положении)**

Принять настройку регулятора на СО:

Для моделирования ПИ-регулятора необходимо привести его передаточную функцию к виду:

, где

Параметры числителя регулятора устанавливаются в строке «Коэффициенты числителя» через пробел, аналогично параметры знаменателя .

Изображение выглядит как текст, диаграмма, линия, График

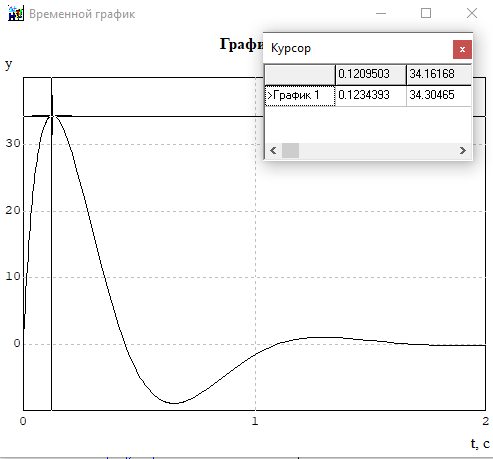
Автоматически созданное описание 

Рисунок 12 – График переходного процесса при ступенчатом единичном воздействии,

Iя макс = 33,4, Тпп= 1,16 с, е = 0, *σ* = 48 %

* 1. **Дискретная система (ключ К в нижнем положении)**

Для получения передаточной функции цифрового регулятора воспользуемся преобразованием Тустена при замене . Предварительно разделим цифровой ПИ – регулятор на два звена *Крег=β* и *W1(z)*, тогда

Далее необходимо провести исследование дискретной системы, считая, разрядность ЦАП достаточной для того, чтобы она не оказывала влияния на динамические свойства системы.

В таблице 3 представлены результаты расчета параметров регулятора и результаты моделирования.

Таблица 3 – Результаты расчета параметров регулятора и результаты моделирования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Т | 0,002 | 0,024 | 0,046 | 0,068 | 0,09 | 0,112 | 0,134 | 0,156 | 0,244 | 0,31 |
| b0 | -359 | -29 | -14,7 | -9,58824 | -7 | -5,4 | -4,4 | -3,6 | -1,95 | -1,32 |
| b1 | 361 | 31 | 16,7 | 11,58824 | 9 | 7,4 | 6,4 | 5,6 | 3,95 | 3,32 |
| a0 | -360 | -30 | -15,7 | -10,5882 | -8 | -6,4 | -5,4 | -4,6 | -2,95 | -2,32 |
| a1 | 360 | 30 | 15,7 | 10,58824 | 8 | 6,4 | 5,4 | 4,6 | 2,95 | 2,32 |
| tпп | 1,19 | 1,25 | 1,27 | 1,72 | 1,79 | 2,31 | 2,91 | 3,54 | 15,6 | - |
| *σ* | 49 | 55 | 63 | 70 | 78 | 87 | 95 | 103 | 136 | - |
| Iя max | 34,6 | 35,6 | 36,9 | 37,8 | 39,6 | 39,7 | 39,4 | 40 | 44,8 | - |
| e | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

На рисунках 13-22 представлены графики, иллюстрирующие содержание таблицы 3.

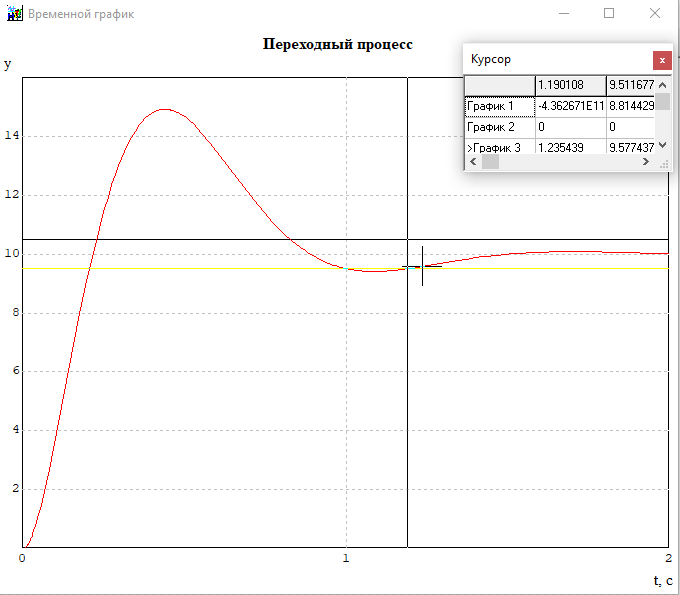
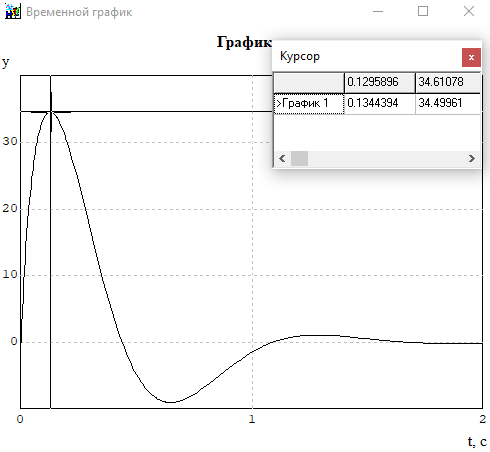
**** ****

Рисунок 13 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,002

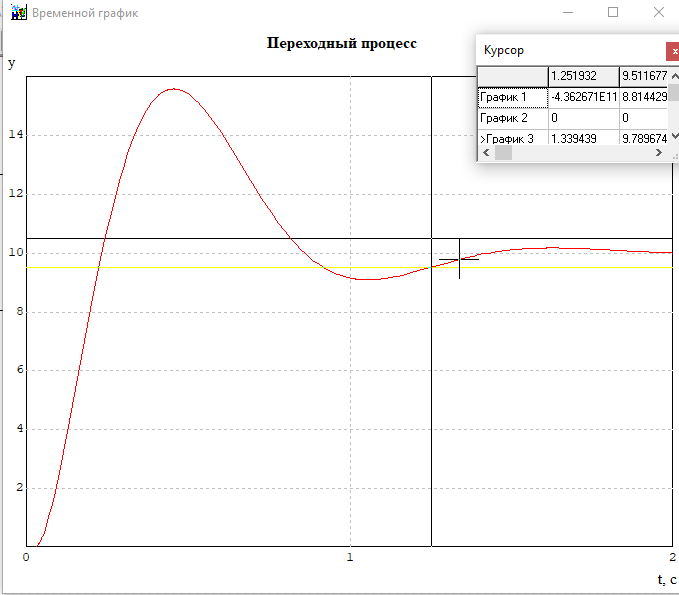
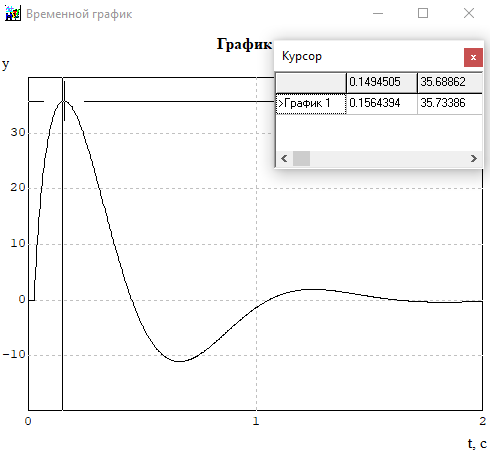
 

Рисунок 14 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,024

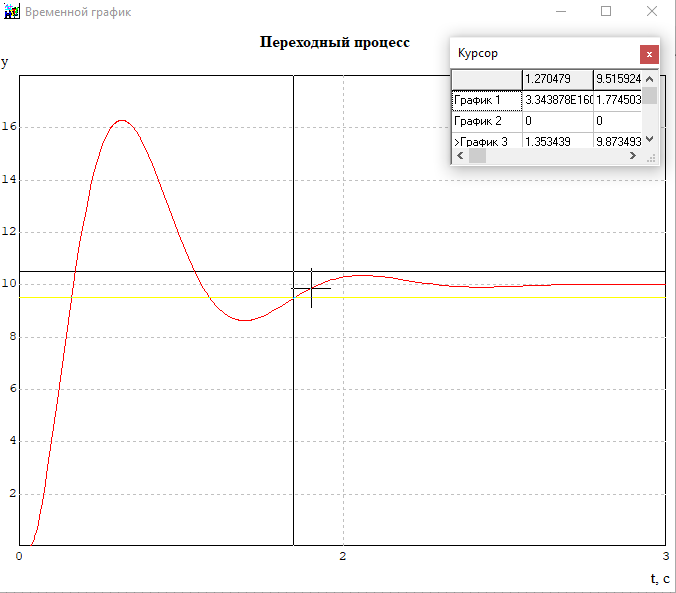
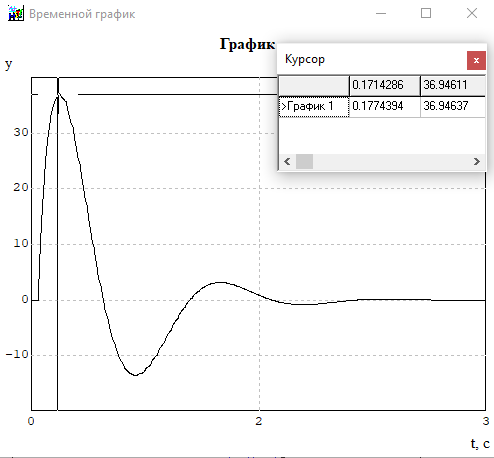
 

Рисунок 15 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,046

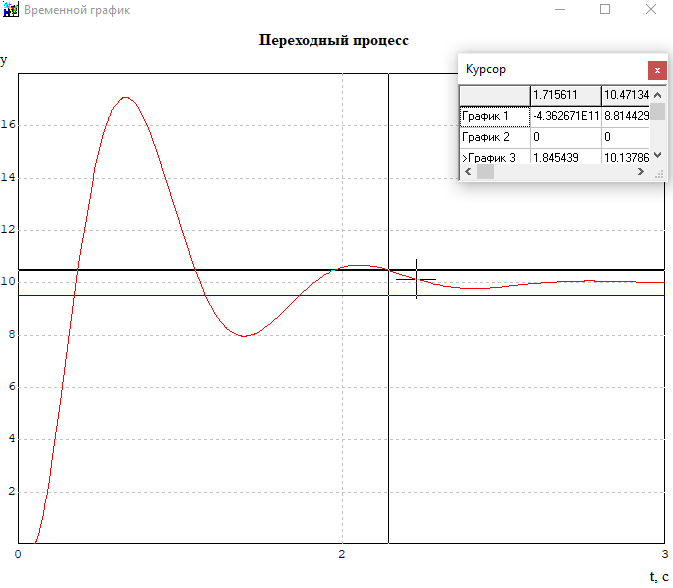
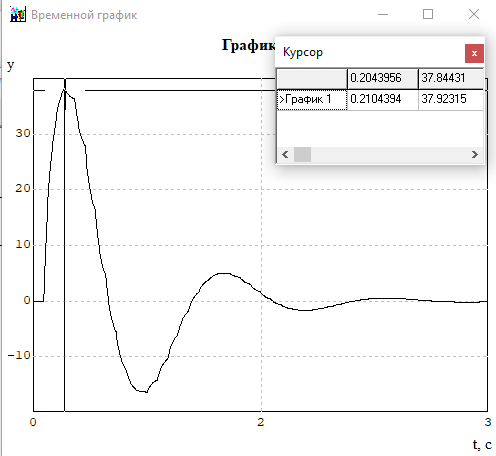
 

Рисунок 16 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,068

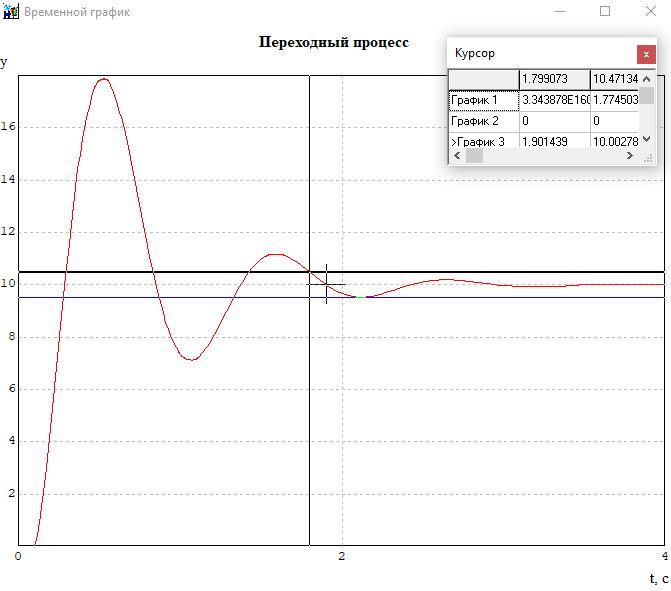
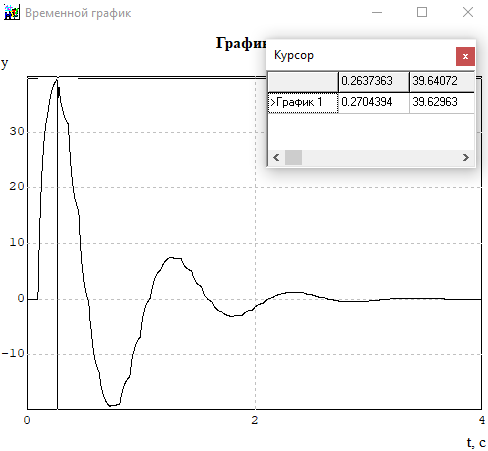
 

Рисунок 17 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,09

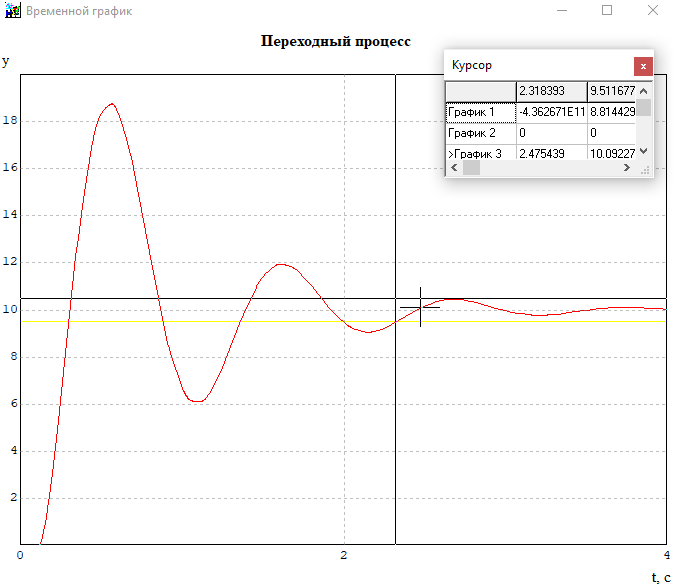
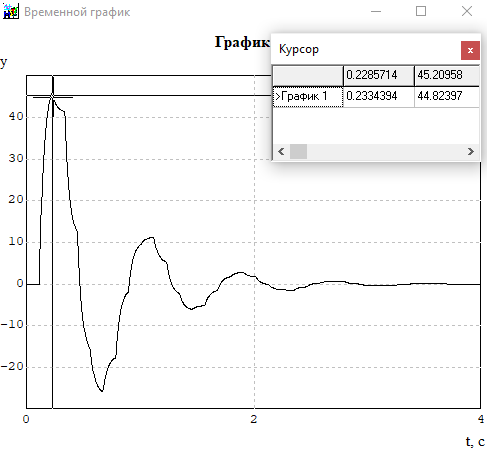
 

Рисунок 18 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,112

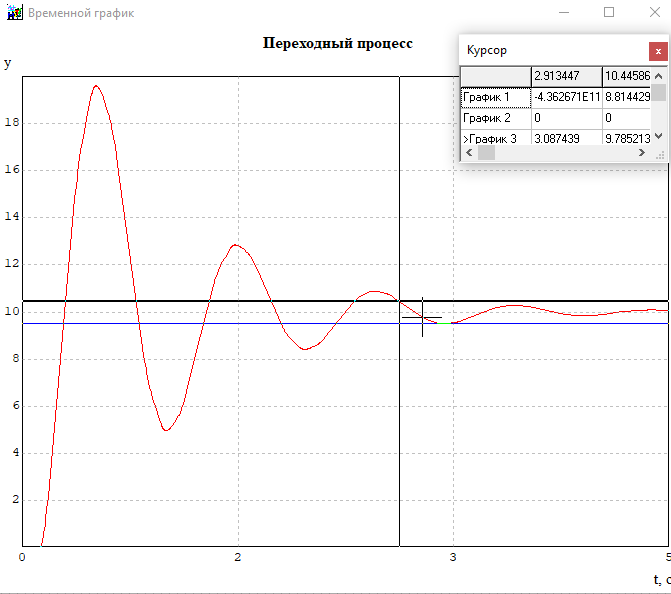
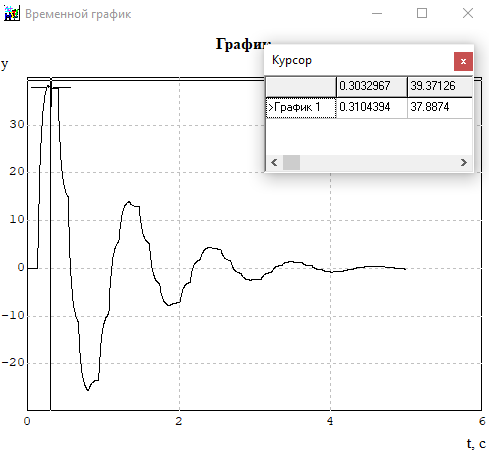
 

Рисунок 19 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,134

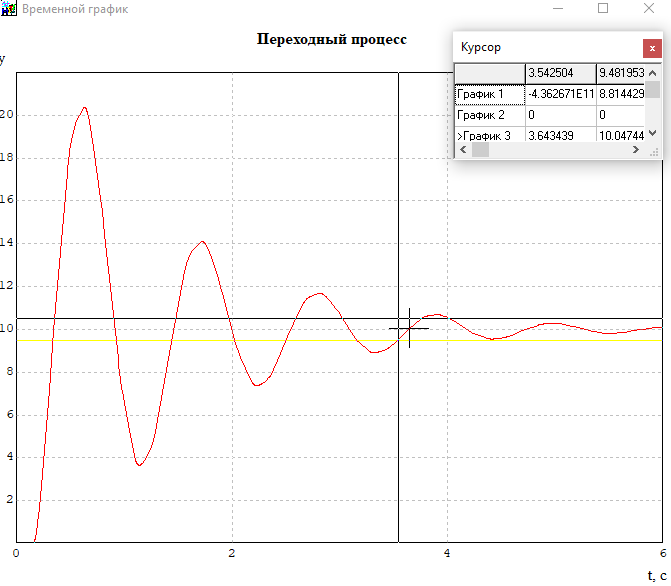
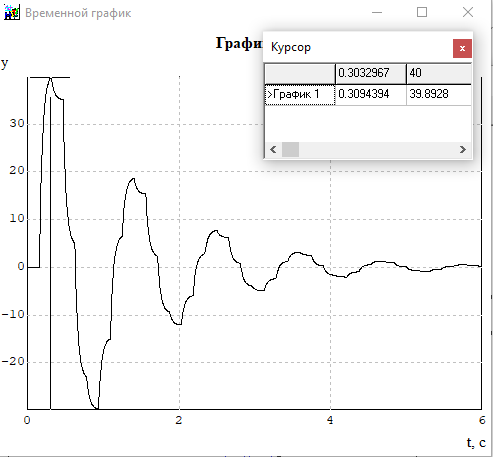
 

Рисунок 20 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,156

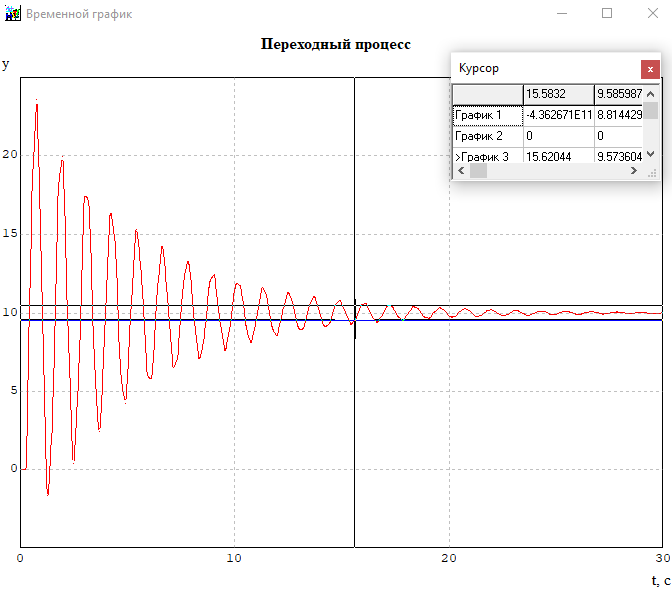
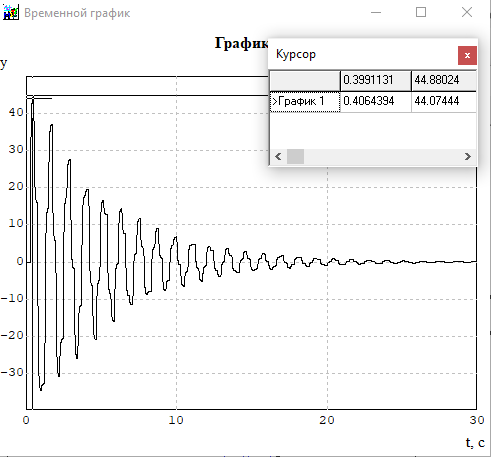
 

Рисунок 21 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,224

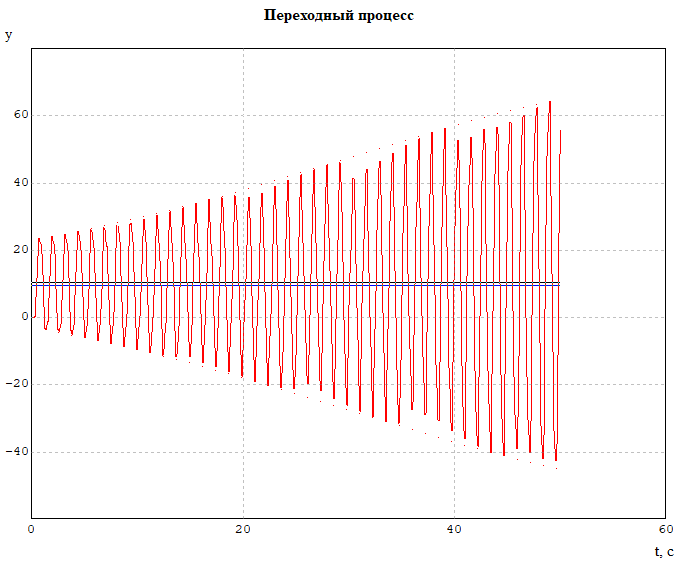
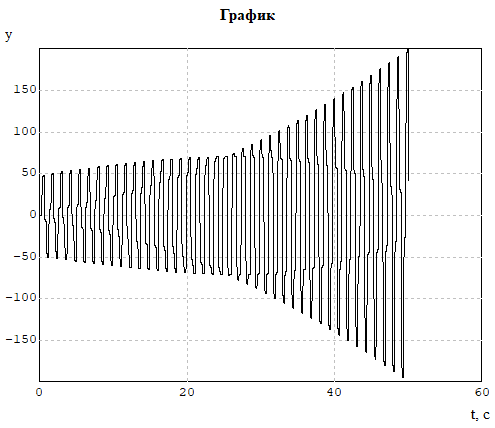
 

Рисунок 22 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,31

1. **Малые постоянные времени меньше исходных в 2 раза** 
   1. **Аналоговая система (ключ К в верхнем положении)**

Принять настройку регулятора на СО:

Для моделирования ПИ-регулятора необходимо привести его передаточную функцию к виду:

, где

Параметры числителя регулятора устанавливаются в строке «Коэффициенты числителя» через пробел, аналогично параметры знаменателя .

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, График

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как текст, снимок экрана, диаграмма, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 15 – График переходного процесса и тока якоря при ступенчатом единичном воздействии,

Iя макс = 138, Тпп= 0,74 с, е = 0, *σ* = 48 %

* 1. **Дискретная система (ключ К в нижнем положении)**

Для получения передаточной функции цифрового регулятора воспользуемся преобразованием Тустена при замене . Предварительно разделим цифровой ПИ – регулятор на два звена *Крег=β* и *W1(z)*, тогда

Далее необходимо провести исследование дискретной системы, считая, разрядность ЦАП достаточной для того, чтобы она не оказывала влияния на динамические свойства системы.

В таблице 2 представлены результаты расчета параметров регулятора и результаты моделирования.

Таблица 4 – Результаты расчета параметров регулятора и результаты моделирования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Т | 0,002 | 0,024 | 0,046 | 0,068 | 0,09 | 0,112 | 0,134 | 0,156 |
| b0 | -5399 | -449 | -233,8 | -157,8 | -119 | -95,4 | -79,6 | -68,2 |
| b1 | 5401 | 451 | 235,8 | 159,8 | 121 | 97,4 | 81,6 | 70,2 |
| a0 | -5400 | -450 | -234,8 | -158,8 | -120 | -96,4 | -80,6 | -69,2 |
| a1 | 5400 | 450 | 234,8 | 158,8 | 120 | 96,4 | 80,6 | 69,2 |
| tпп | 0,14 | 0,18 | 0,43 | 0,5 | 0,85 | 1,17 | 14,2 | - |
| *σ* | 7 | 23 | 44 | 51 | 89 | 136 | 233 | - |
| Iя max | 133,7 | 122,8 | 134 | 136 | 136,7 | 137,5 | 246 | - |
| e | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

На рисунках 16-20 представлены графики, иллюстрирующие содержание таблицы 2.

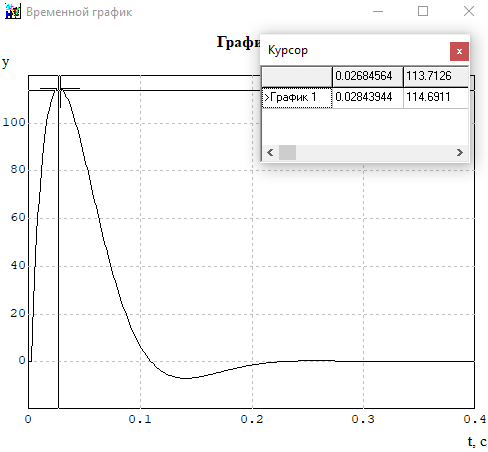
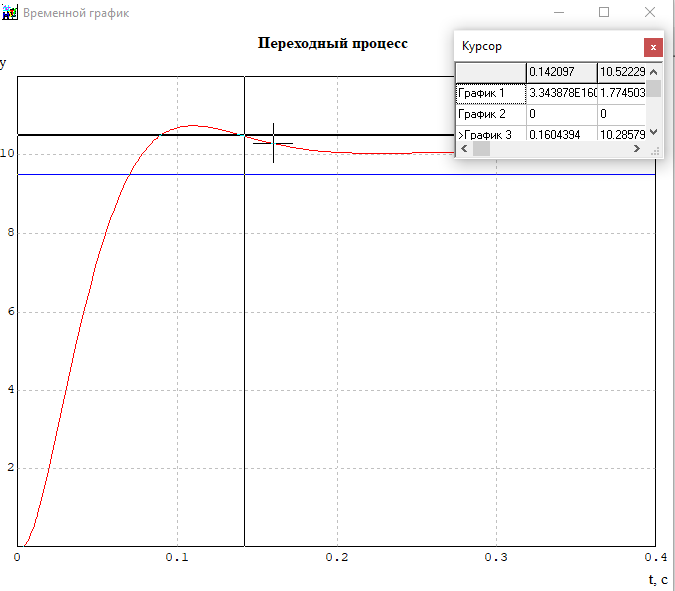
****

Рисунок 23 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,002

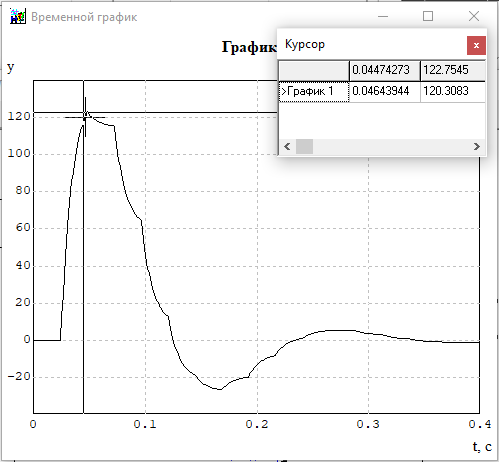
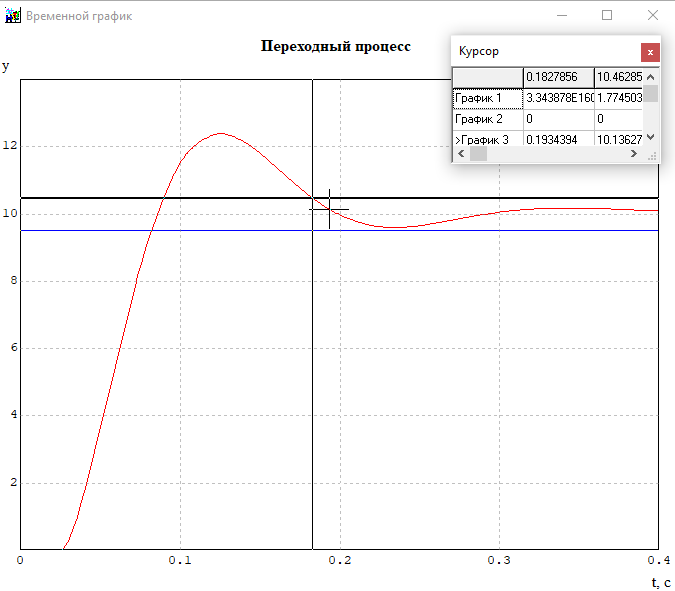


Рисунок 24 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,024

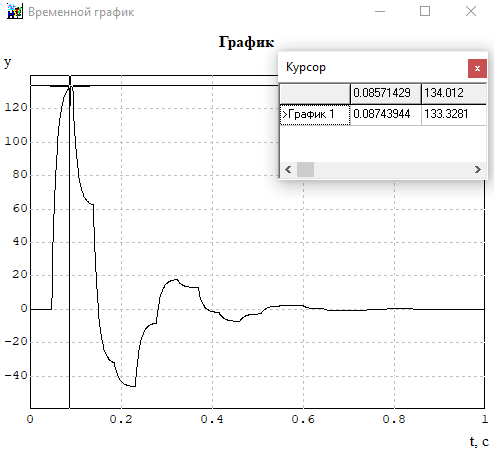
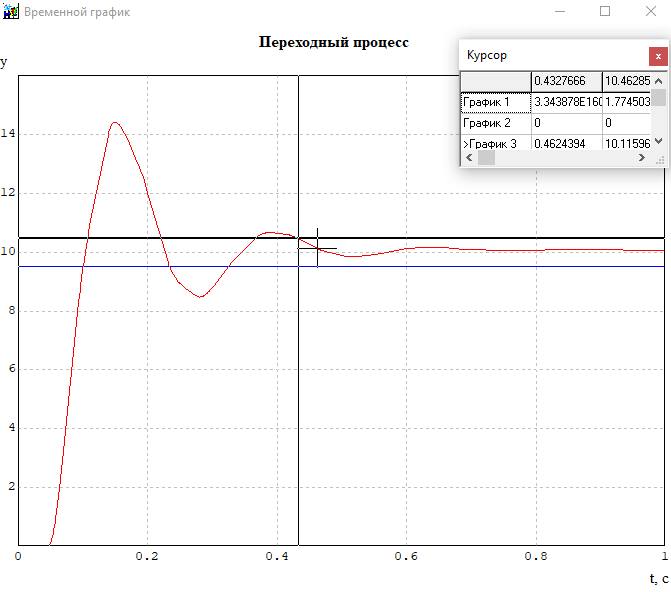


Рисунок 25 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,046

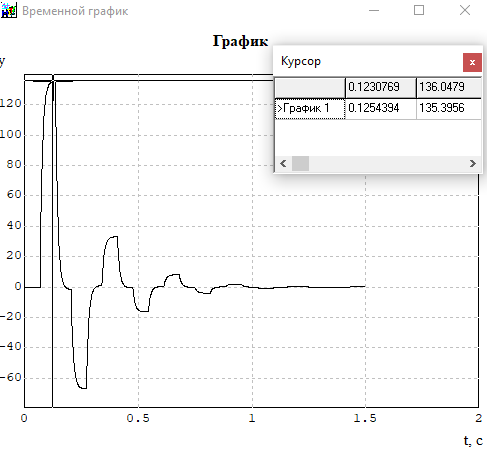
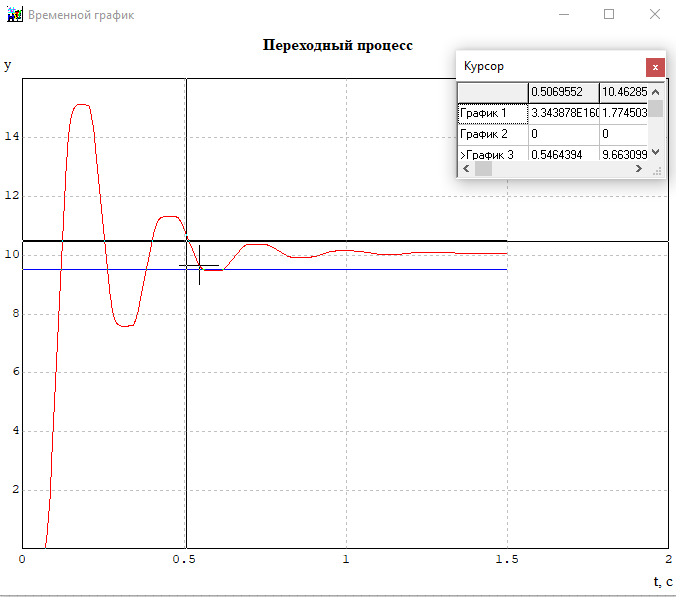


Рисунок 26 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,068

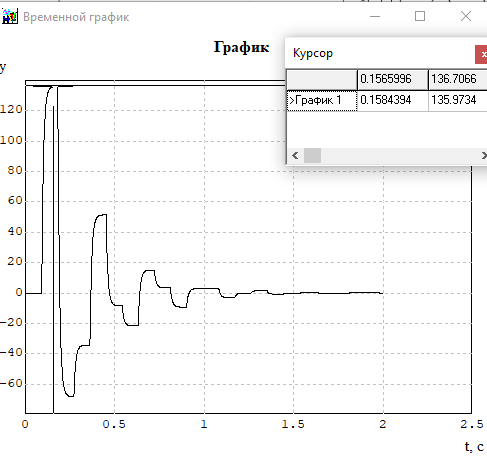
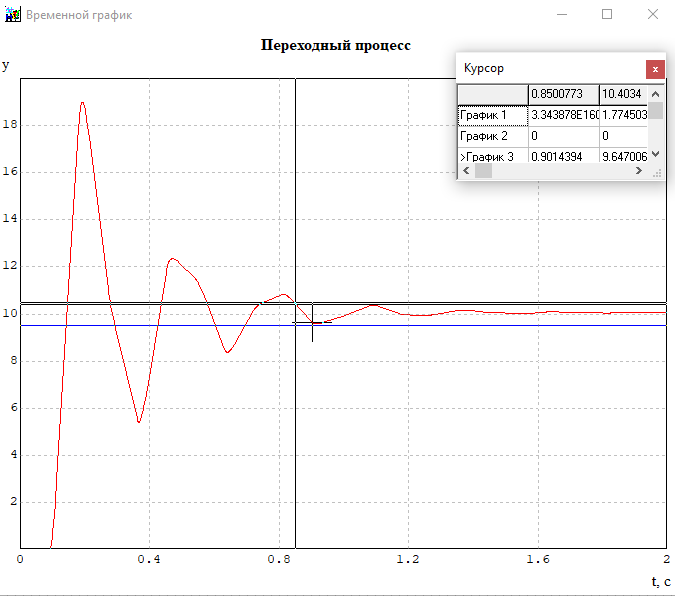


Рисунок 27 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,09

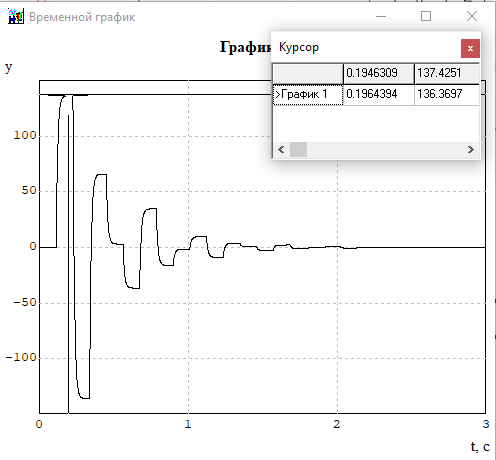
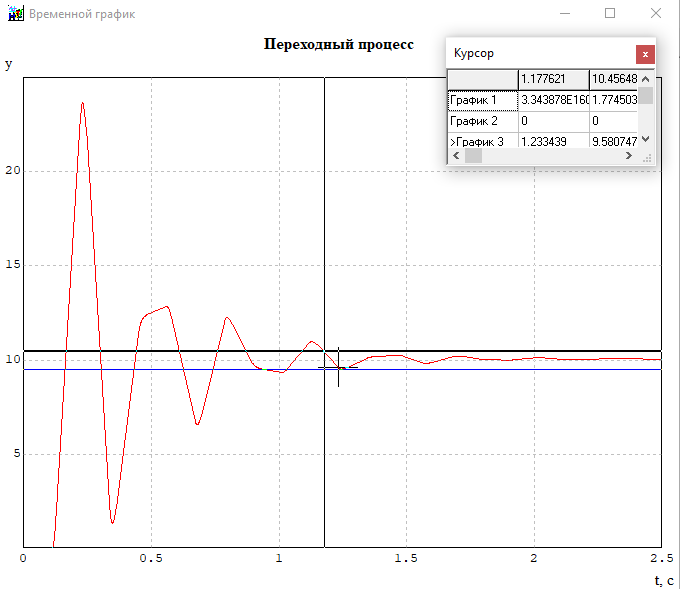


Рисунок 28 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,112

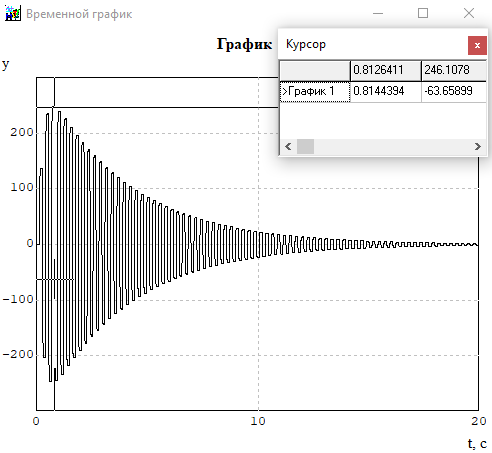
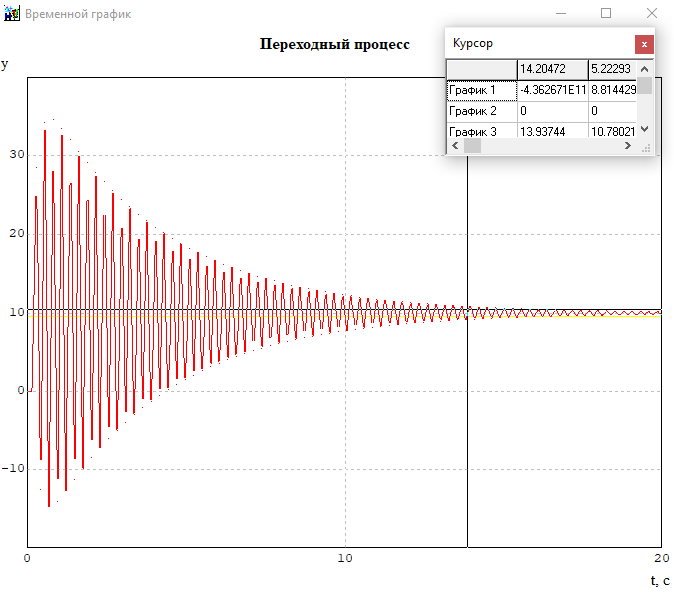


Рисунок 29 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,134

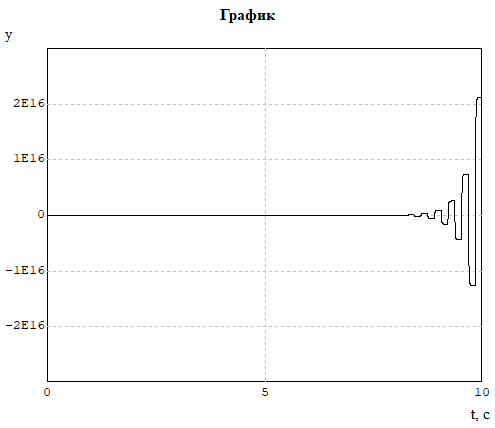
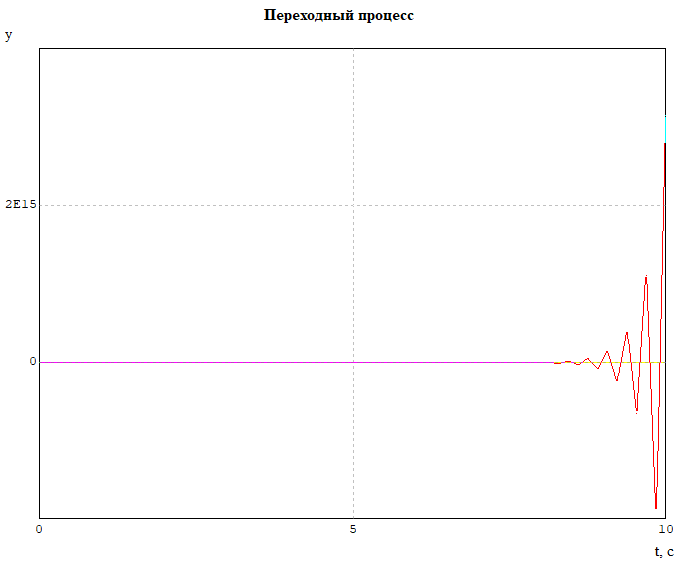


Рисунок 30 – График переходного процесса и тока якоря при Т=0,156

**Вывод**

Графики зависимостей tпп(Т), *σ*(Т)*,* Iяmax(Т) для исходных малых постоянных времени представлен на рисунке 31.

Рисунок 31 – Графики зависимостей tпп(Т), *σ*(Т)*,* Iя max(Т) – Опыт №1

Таким образом, при увеличении шага квантования в диапазоне: уменьшается быстродействие системы (время переходного процесса tпп увеличивается), увеличиваются величина перерегулирования *σ* и ток якоря Iяmax.

Графики зависимостей tпп(Т), *σ*(Т)*,* Iяmax(Т) для малых постоянных времени больше исходных в 2 раза представлен на рисунке 32.

Рисунок 22 – Графики зависимостей tпп(Т), *σ*(Т)*,* Iя max(Т) – Опыт №2

Таким образом, при увеличении шага квантования в диапазоне: уменьшается быстродействие системы (время переходного процесса tпп увеличивается), увеличиваются величина перерегулирования *σ* и ток якоря Iяmax.

Графики зависимостей tпп(Т), *σ*(Т)*,* Iяmax(Т) для малых постоянных времени меньше исходных в 2 раза представлен на рисунке 33.

Рисунок 33 – Графики зависимостей tпп(Т), *σ*(Т)*,* Iя max(Т) – Опыт №3

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, скат

Автоматически созданное описание

Рисунок 4 – Частотные характеристики для заданной системы

Δφ = 180^0+ φ(ω\_с )=180°-148°=32° – запас по фазе  
 ΔL = |L(ω\_к )|=25 дБ – запас по амплитуде

Таким образом, при увеличении шага квантования в диапазоне: уменьшаются быстродействие системы (время переходного процесса tпп увеличивается), величина перерегулирования *σ* и ток якоря Iяmax также увеличиваются.

Чем больше время квантования в цифровом регуляторе, тем хуже динамика системы, увеличивается время переходного процесса, растет перерегулирование и максимальное значение тока якоря. При значении шага квантования Т=0,002 система с цифровым регулятором обладает схожей динамикой, что и система с аналоговым регулятором. При большом значении шага квантования в системе начинаются незатухающие колебания.

В ходе данной лабораторной работы было исследовано влияние шага квантования на динамику системы, полученные результаты отображены в отчете, сделаны выводы. Цель лабораторной работы достигнута.