ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ИМПЕРАТРИЦЫ ЕКАТЕРИНЫ II»**

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

**Лабораторная работа №2**

|  |  |
| --- | --- |
| По дисциплине: | Теория автоматического управления |
|  | (наименование учебной дисциплины согласно учебному плану) |

|  |  |
| --- | --- |
| Тема работы: | Влияние процесса квантования на динамические свойства дискретной системы автоматического управления |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выполнил: студент гр. | | |  | АПГ-22 |  |  |  | Скрябнев А.В. | |
|  | | |  | (шифр группы) |  | (подпись) | |  | (Ф.И.О.) |
|  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дата ­­­\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  |  |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Проверил  руководитель работы: |  | доцент |  |  |  | Мансурова О.К. |
|  |  | (должность) |  | (подпись) |  | (Ф.И.О.) |

Санкт-Петербург

2025

1 Цель работы

Исследование влияния шага квантования на динамику цифровых сис­тем.

2 Исходные данные

Таблица 1 – Исходные данные для варианта 13

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | ωmax | Qmax | Кред | τр | Тp | Kp | Ткc | ξ | Ккс | εmax |
| 13 | 1,15 | 0,026 | 0,18 | 0,40 | 1,9 | 60 | 0,02 | 0,7 | 10 | 0,51 |

Необходимо рассчитать остальные параметры системы. Шаг квантования во времени установлен 0,002 с по заданию и будет изменять до того значения, когда перерегулирование составит 70%. Разрядность преобразователя принята постоянной и равной r=16. Шаг квантования по уровню рассчитывается по следующей формуле:

Напряжение питания современных ЦАП составляет 5 В. Однако силовые преобразователи рассчитаны на напряжение 10 В, поэтому после ЦАП устанавливается операционный усилитель с коэффициентом передачи равном 2.

В результате на входе силового преобразователя и в аналоговой и цифровой системе имеем 10 В. Так что принимается равным 10 В.

Далее рассчитаны параметры эквивалентного гармоническое воздействия.

Рассчитаны параметры **аналогового регулятора** положения.

,где:

Для **цифрового регулятора** параметры будут меняться при изменении шага квантования, поэтому приведен пример расчёта для шага квантования 0,002 с.

3 Ход работы

3.1 Схемы и элементы

На рисунке 1 представлена схема моделирования в МВТУ.

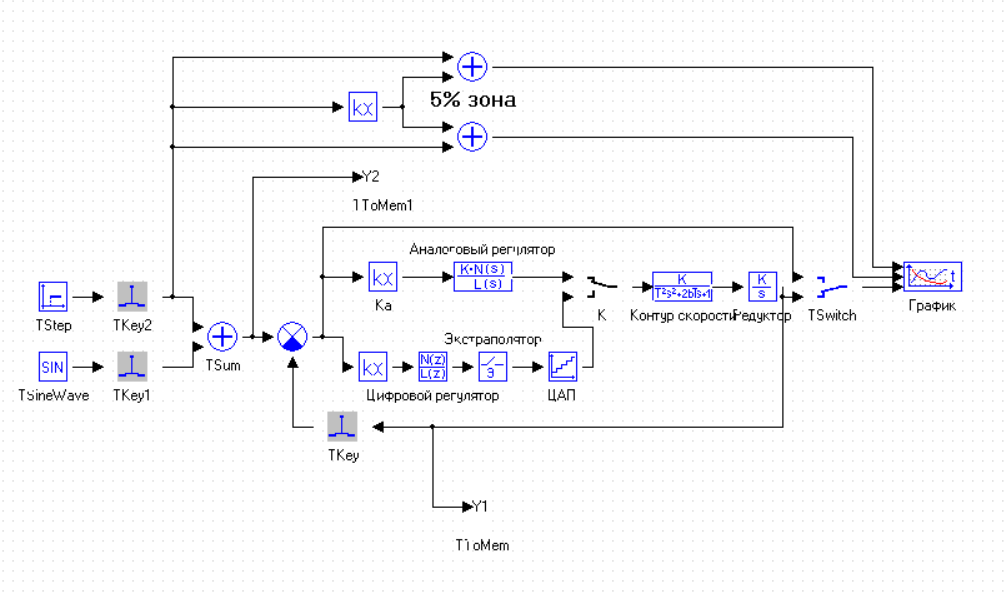




Рисунок 1 – Схема моделирования ЗСАУ в МВТУ

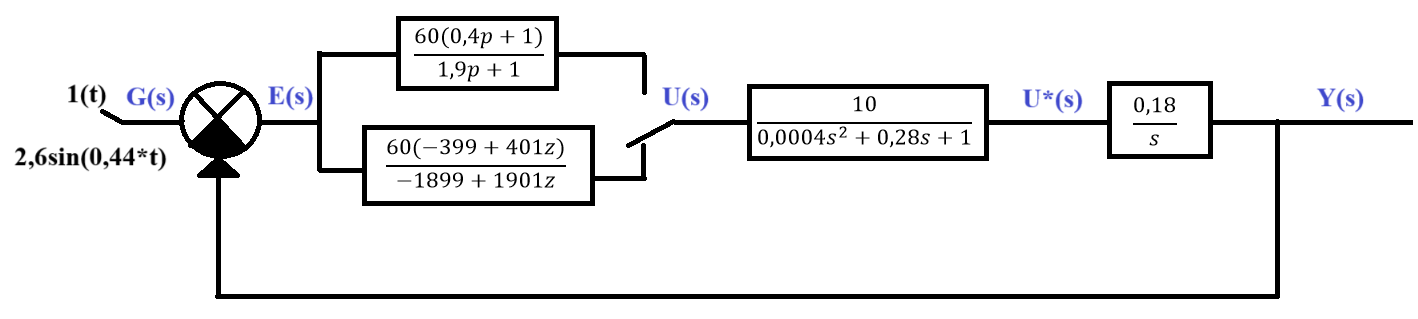


Рисунок 2 – Структурная схема следящей системы

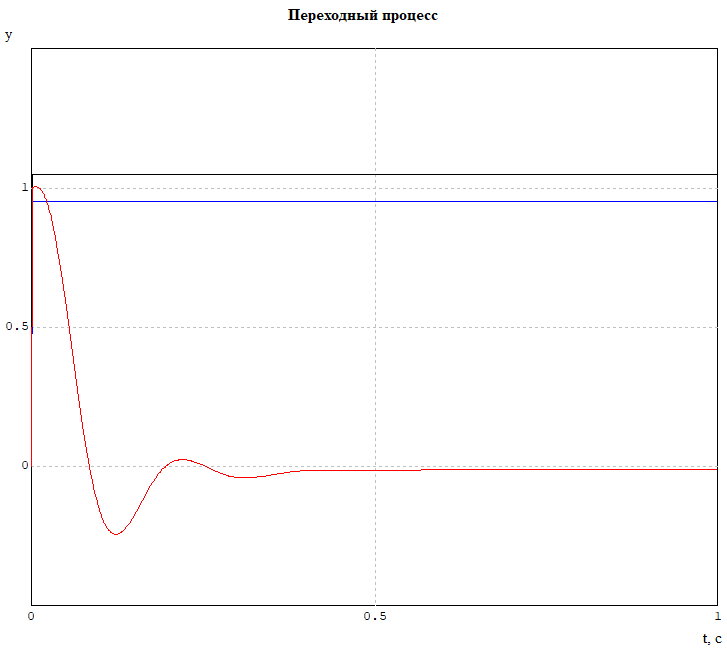


Рисунок 2 - График переходного процесса без регулятора при ступенчатом единичном воздействии.

3.2 Опыт 1 Исследование свойств аналоговой системы



Аналоговый регулятор положения имеет вид:

тогда

На рисунке 3 представлен график переходного процесса при подаче единичного ступенчатого воздействия.

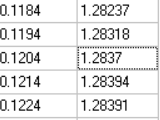
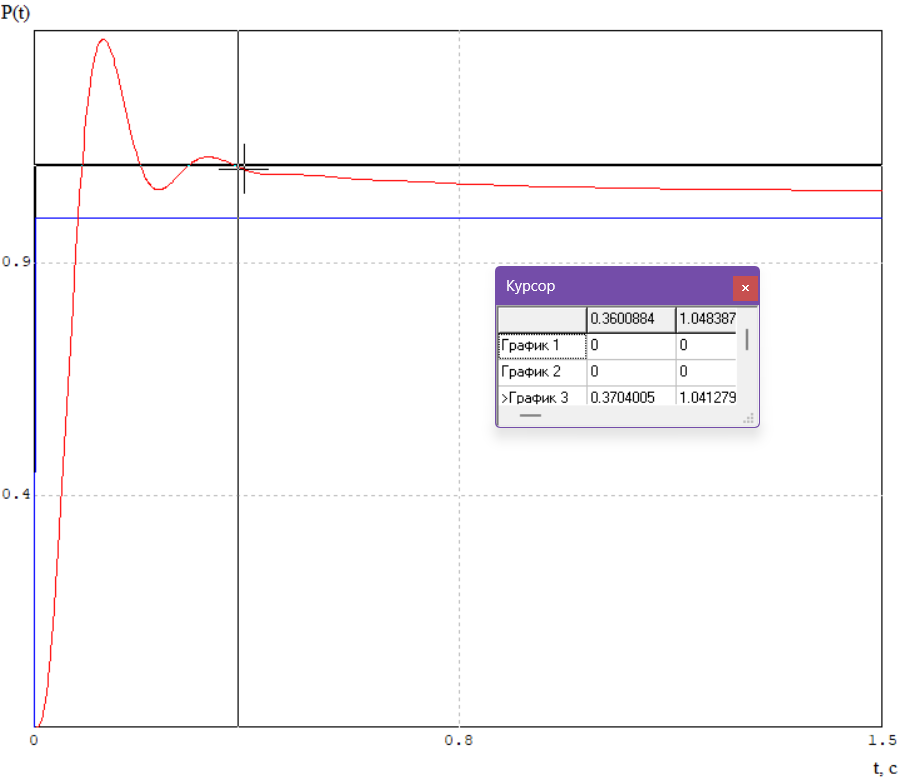


Рисунок 3 - График переходного процесса с аналоговым регулятором при подаче единичного ступенчатого воздействия.

Далее оценена ошибка системы при эквивалентном гармоническом воздействии, для этого К1 разомкнут, К2 замкнут.

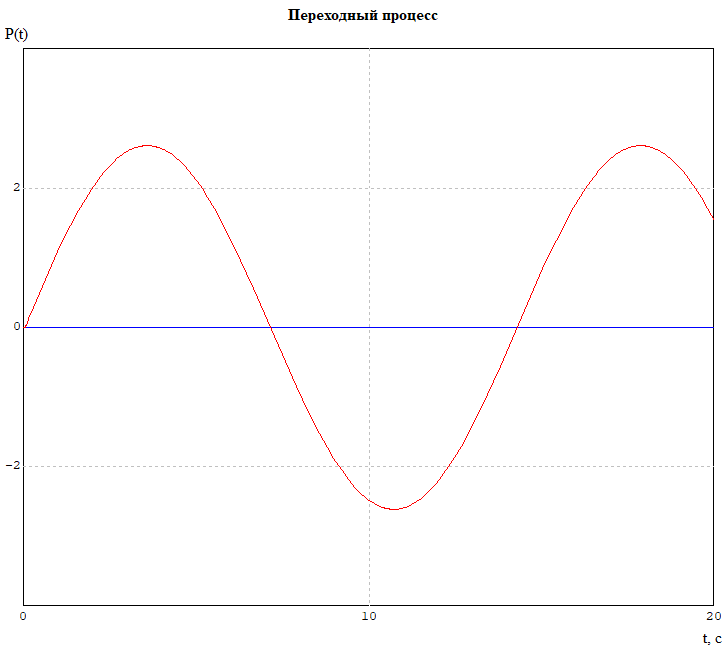
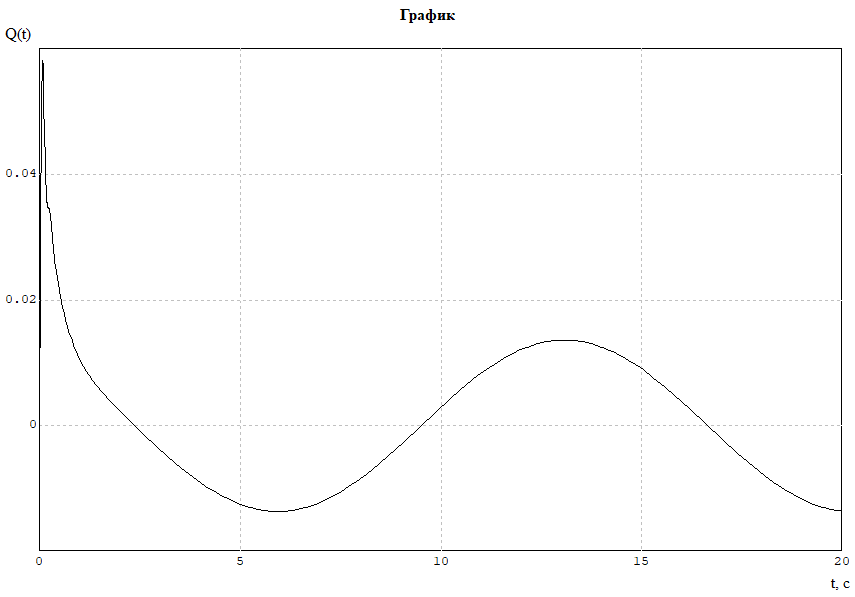
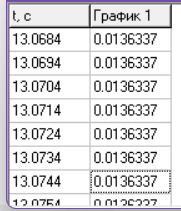
  

Рисунок 4 – График ошибки и целевого параметра при эквивалентном гармоническом воздействии

Qmax = 0,0136337

По заданию, максимальная ошибка при эквивалентном гармоническом воздействии должна быть меньше 0,026, что выполнено.

3.2.2 Опыт 1

Методом моделирования исследовать свойства цифровой системы при вариациях периода квантования сигнала по времени (шага обмена между аналоговой и цифровой частью системы).

Разрядность преобразователя принята постоянной и равной 16, шаг квантования варьирован от 0,002 до шага, при котором перерегулирование достигает величины более 70%.

Таблица 2 – Экспериментальные данные

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Т | 0,002 | 0,01 | 0,025 | 0,05 |
| m1=*2τp/T* | 400 | 80 | 32 | 16 |
| m2=*2Tp/T* | 1900 | 380 | 152 | 76 |
| *b0=1-m1* | -1899 | -379 | -151 | -75 |
| *b1=1+m1* | 1901 | 381 | 153 | 77 |
| *a0=1-m2* | -399 | -79 | -31 | -15 |
| *a1=1+m2* | 401 | 81 | 33 | 17 |
| tпп, мс | 0,36 | 0,39 | 0,42 | 1 |
| σ% | 24 | 38 | 53 | 79 |
| Qmax | 0,0136 | 0,0136 | 0,0136 | 0,0136 |

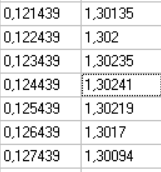
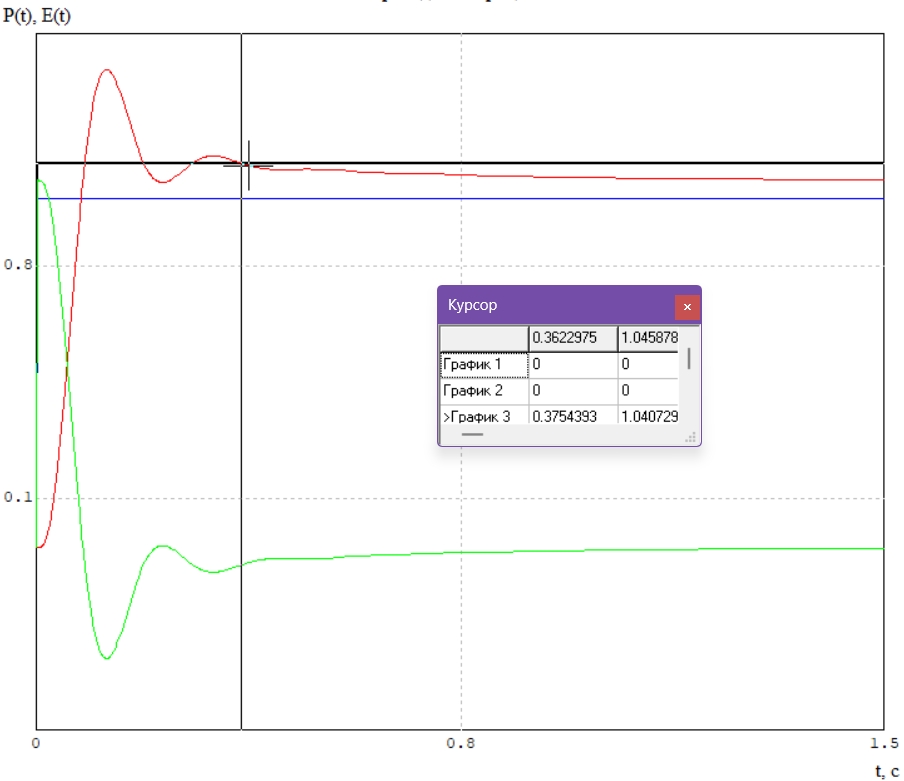


Рисунок 5 – График переходного процесса для цифровой системы, T=0,002

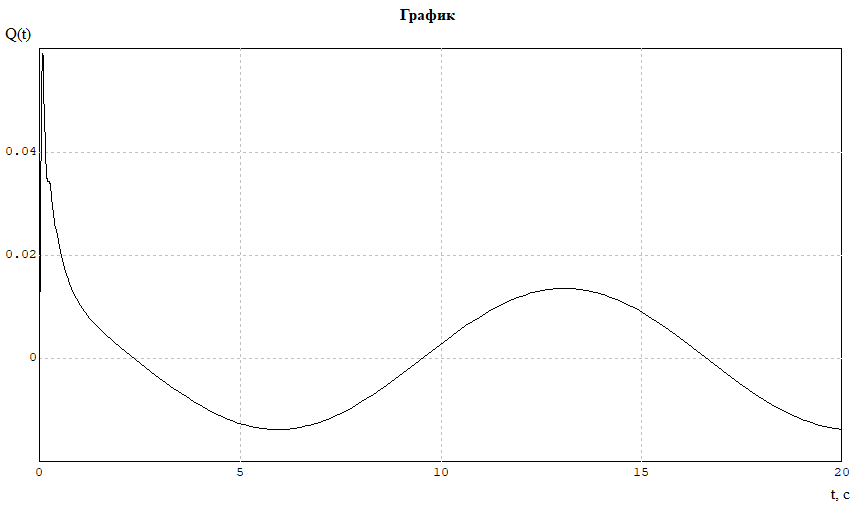
 

Рисунок 6 – График ошибки при эквивалентном гармоническом воздействии



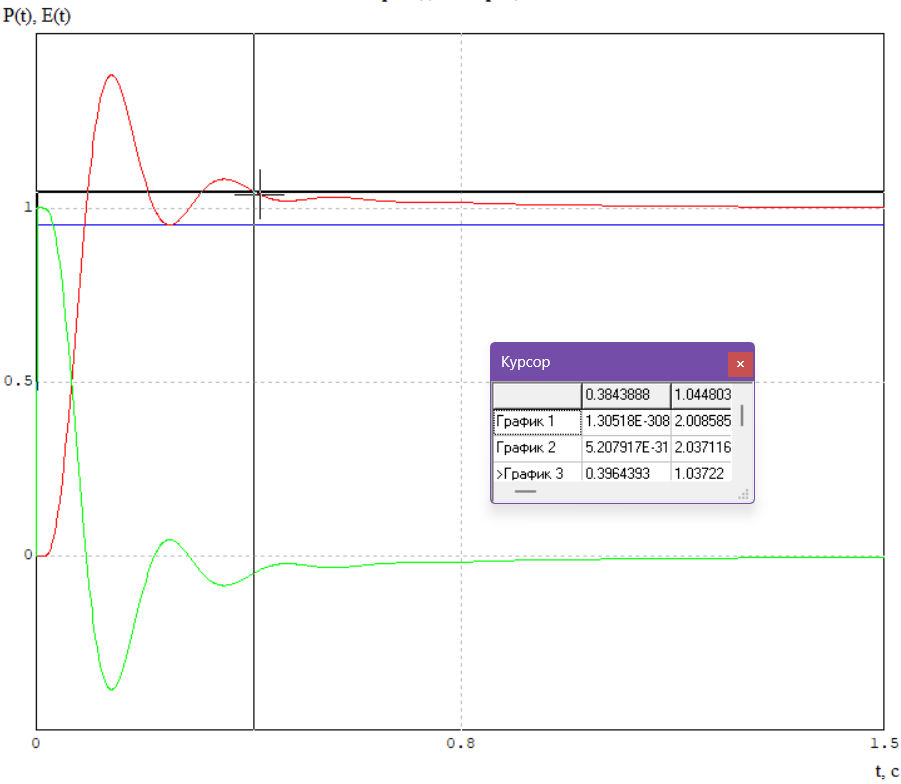
 

Рисунок 7 – График переходного процесса для цифровой системы, T=0,01

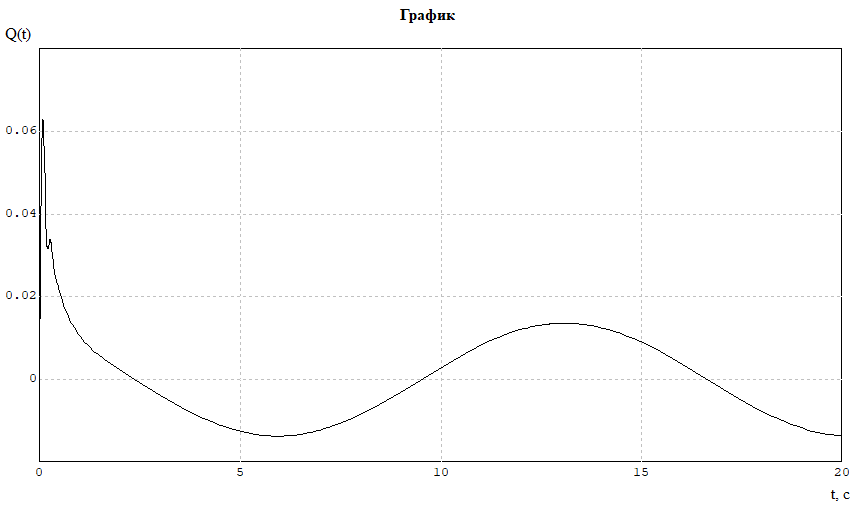




Рисунок 8 – График ошибки при эквивалентном гармоническом воздействии



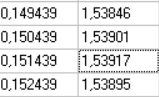
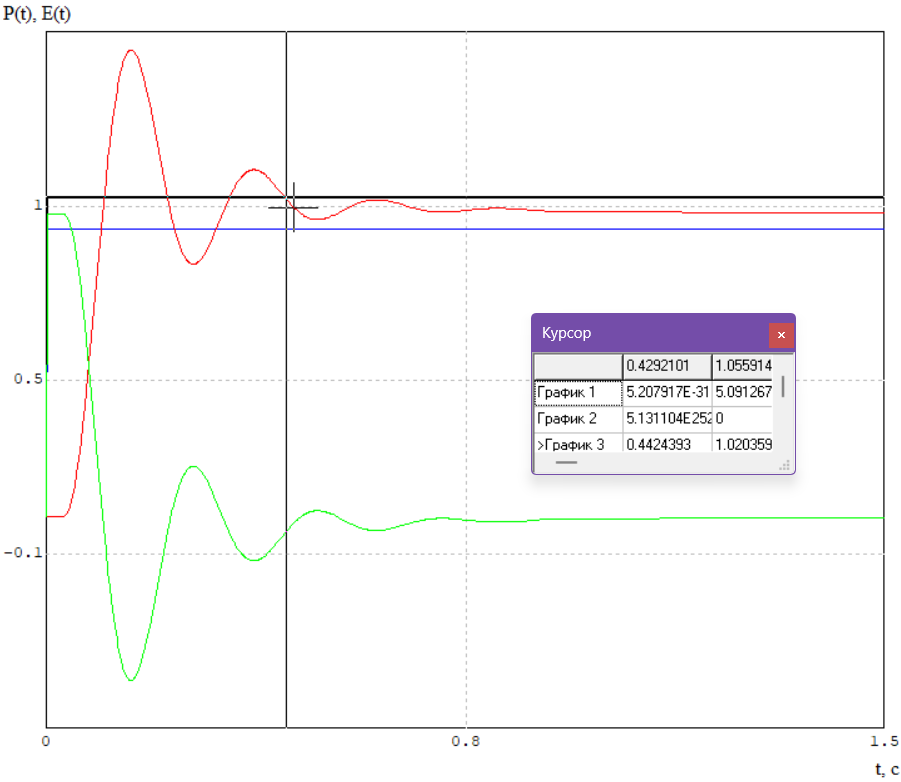


Рисунок 9 – График переходного процесса для цифровой системы, T=0,025

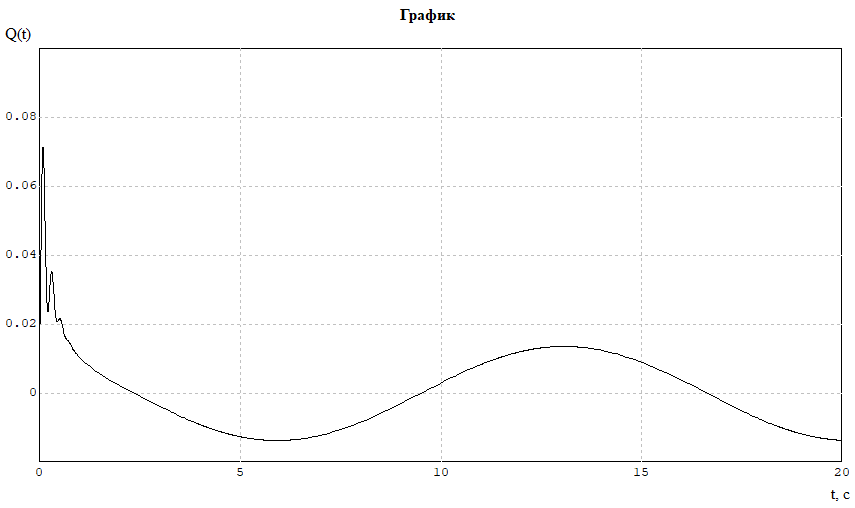




Рисунок 10 – График ошибки при эквивалентном гармоническом воздействии



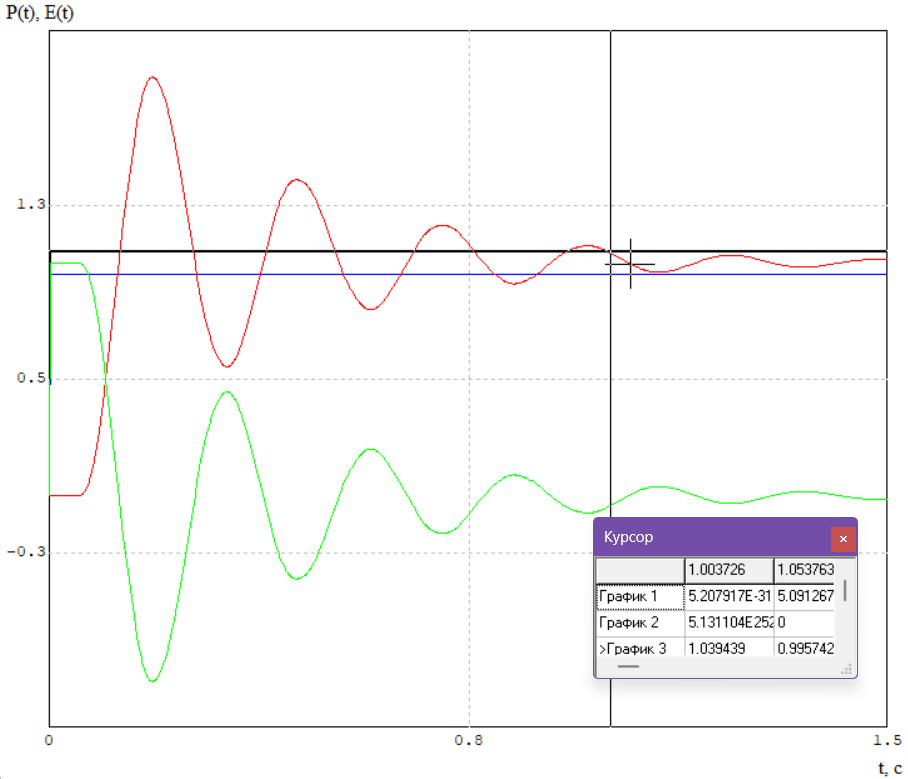
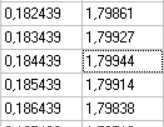
 

Рисунок 11 – График переходного процесса для цифровой системы, T=0,05

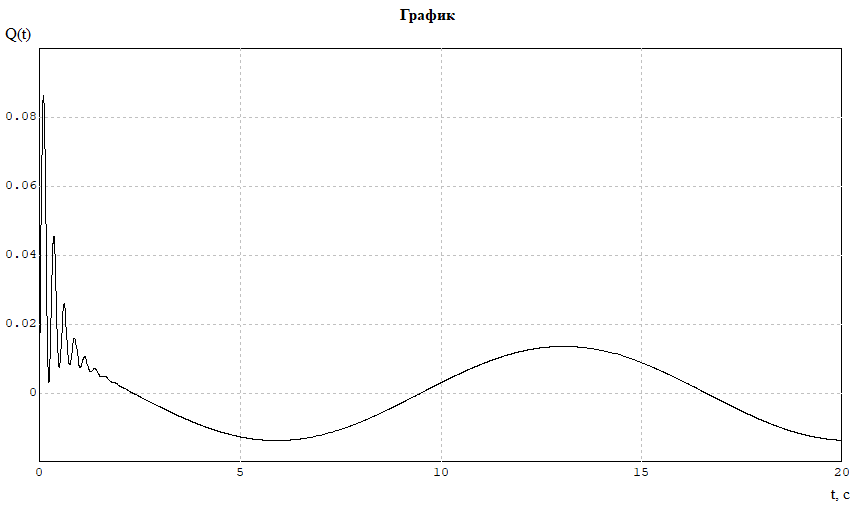






Рисунок 12 – График ошибки при эквивалентном гармоническом воздействии

При увеличении шага квантования по времени, увеличивается перерегулирование и время переходного процесса, при этом максимальная ошибка при эквивалентном гармоническом воздействии остаётся неизменной, а значит шаг квантования по времени значительного воздействия на неё не имеет.

Рисунок 13 – Зависимость tпп(Т), σ%(Т), Qmax(Т) при изменении шага квантования по времени

3.3 Опыт 2

Методом моделирования исследовать свойства цифровой системы при вариациях разрядности преобразователя при постоянном значении шага квантования по времени и равном Т=0,002. Шаг квантования по уровню рассчитывается для каждого опыта.

Таблица 3 – Экспериментальные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| r | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| Δ | 3,3333 | 0,6667 | 0,0392 | 0,002442 | 0,000153 |
| tпп | 0,17 | 0,36 | 0,35 | 0,35 | 0,36 |
| σ% | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,24 |
| Qmax | 0,13 | 0,03259 | 0,0145 | 0,0136 | 0,0136 |

На время переходного процесса разрядность преобразователя практически не влияла, а вот на максимальную ошибку при эквивалентном гармоническом воздействии влияние заметно.

Исходя из полученного результата, квантование сигнала по уровню действительно вызывает появление дополнительной ошибки, причем в статике ошибка от квантования не превосходила ширину зоны нечувствительности. В динамике действующие на выходе ЦАП скачкообразные возмущения, вызванные округлением сигнала до целого числа единиц младшего разряда, вызывают появление ошибок, превышающих установленные ограничения.

В нашем случае по заданию установлена максимальная ошибка 0,026 радиан, а при разрядности преобразователя r=2 она равна 0,13, при r=4 0,032.

Рисунок 14 – Зависимость tпп(r), σ%(r), Qmax(r) при изменении шага квантования по уровню (разрядности преобразователя)

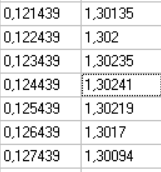
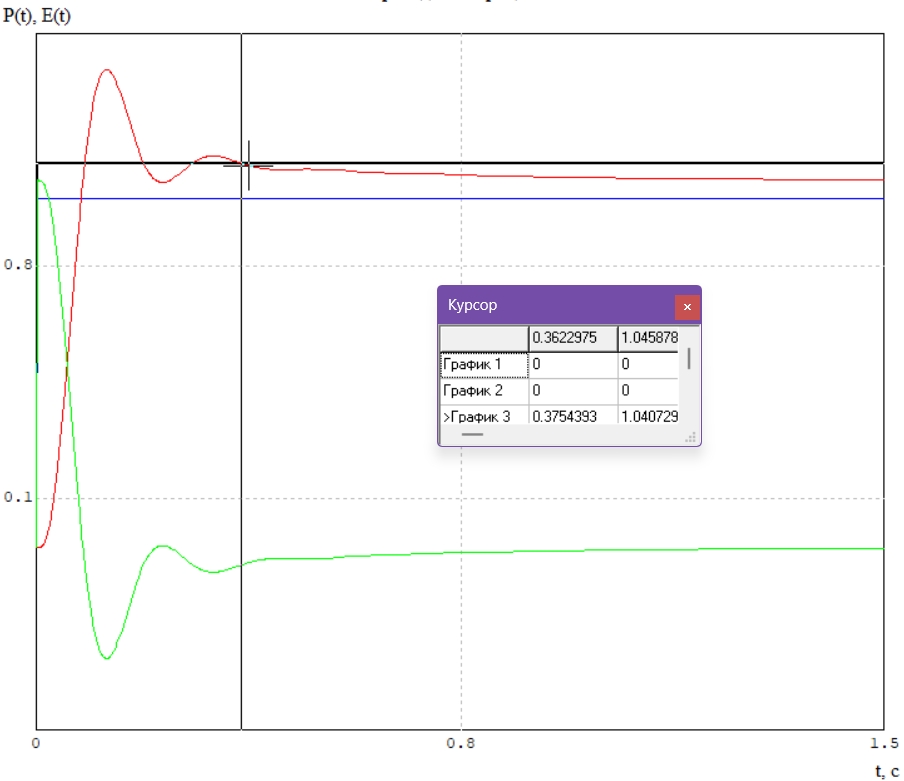


Рисунок 15 – График переходного процесса для цифровой системы, r = 16

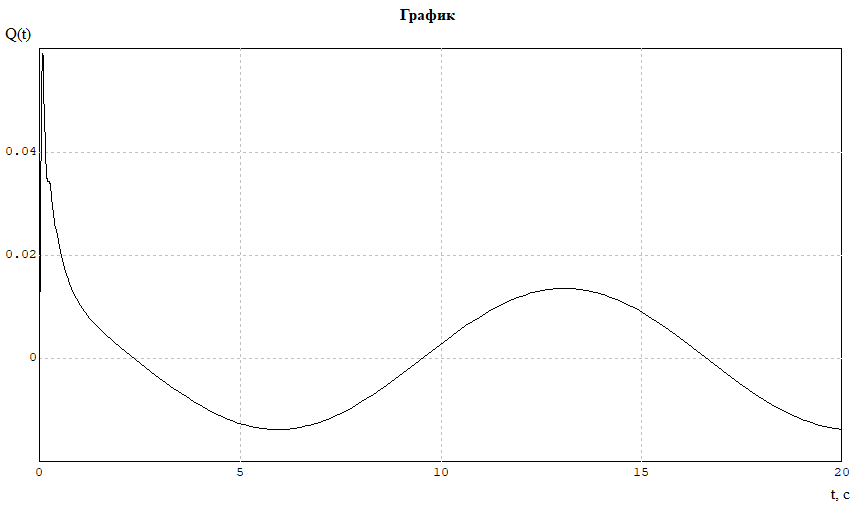
 

Рисунок 16 – График ошибки при эквивалентном гармоническом воздействии



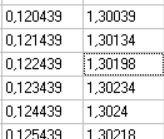
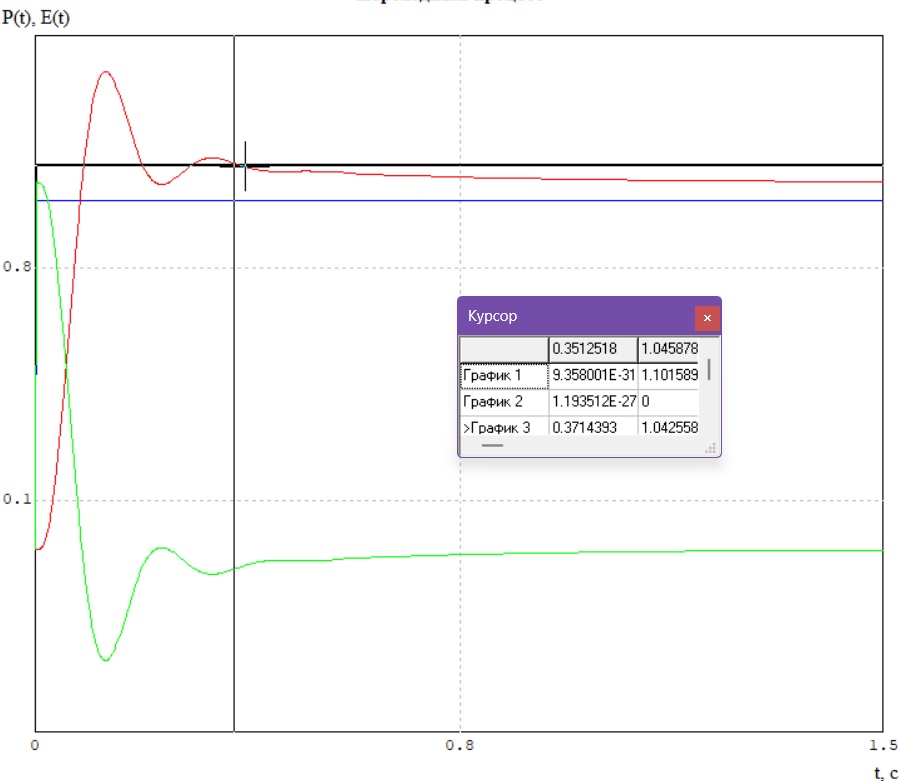


Рисунок 17 – График переходного процесса для цифровой системы, r = 12

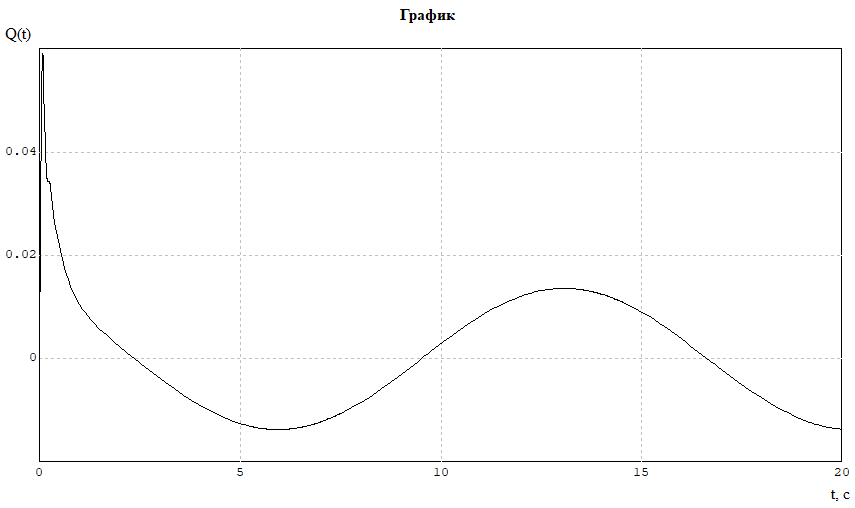




Рисунок 18 – График ошибки при эквивалентном гармоническом воздействии



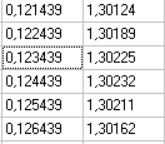
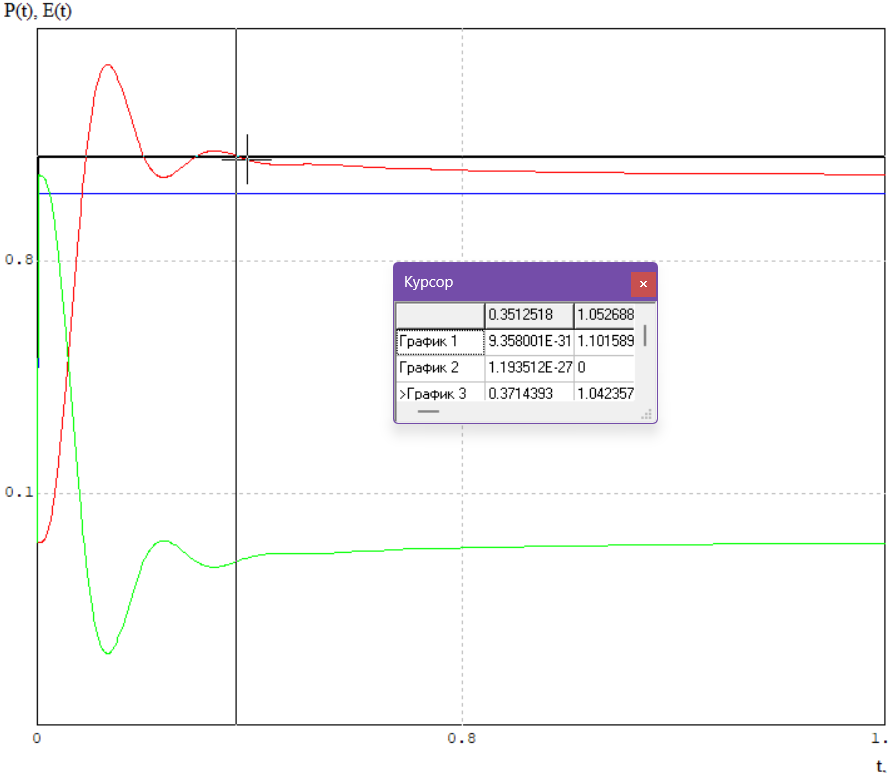


Рисунок 19 – График переходного процесса для цифровой системы, r = 8

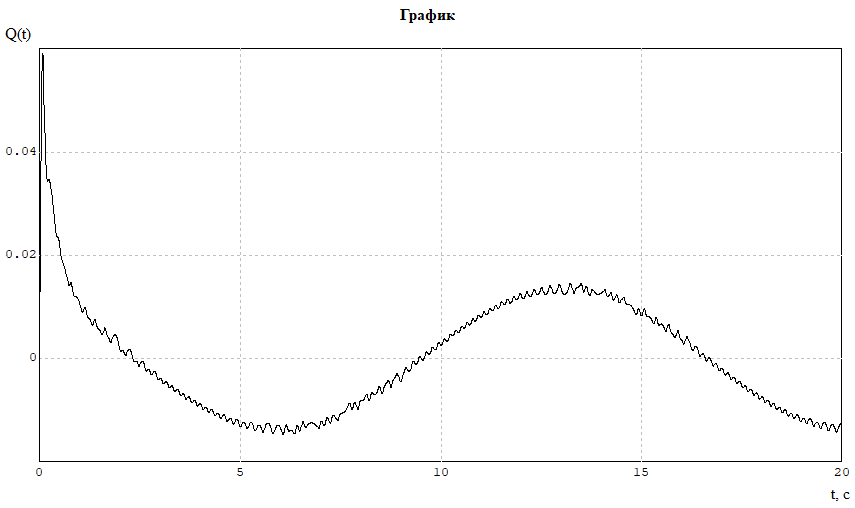




Рисунок 20 – График ошибки при эквивалентном гармоническом воздействии



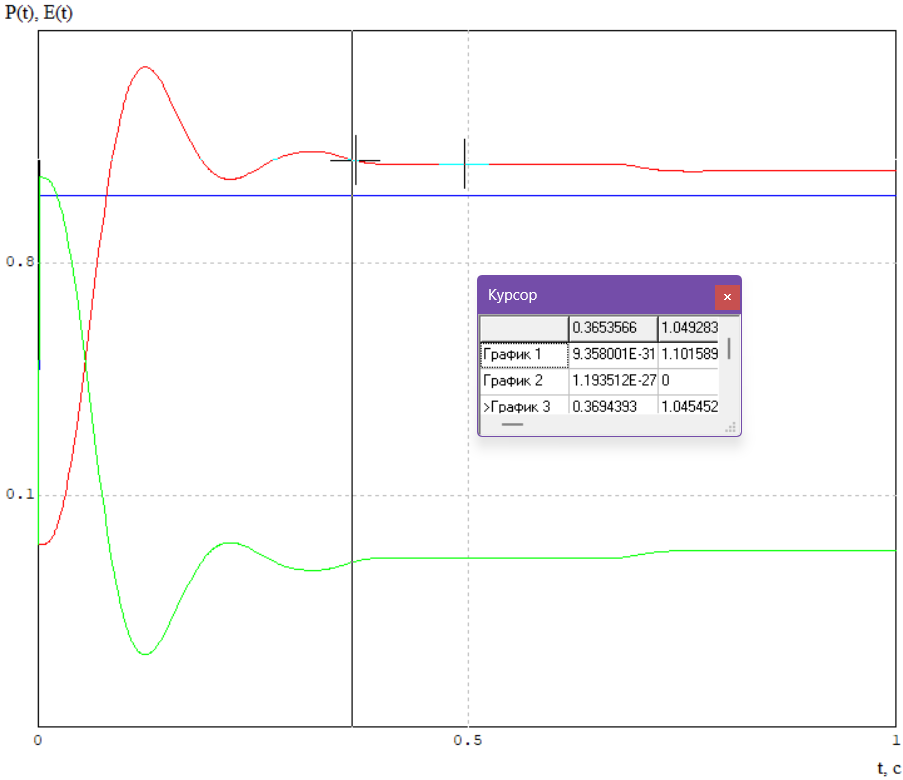
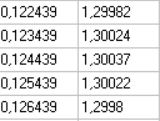
 

Рисунок 21 – График переходного процесса для цифровой системы, r = 4

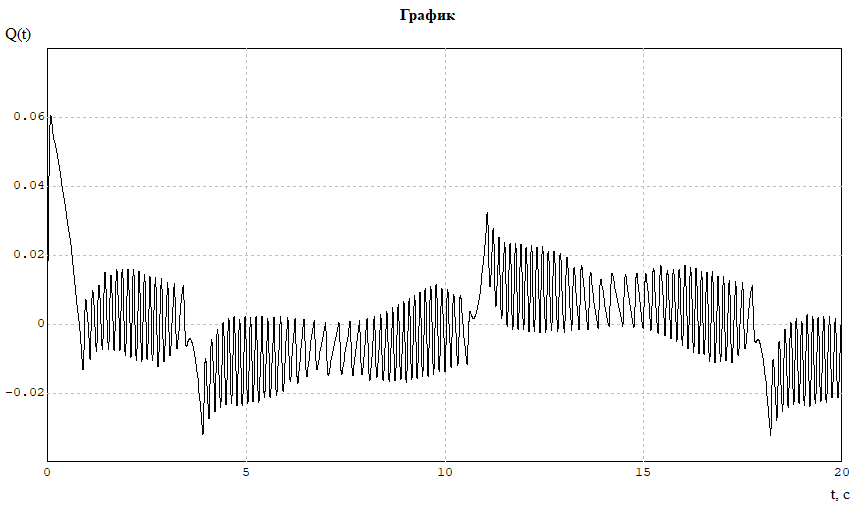
 

Рисунок 22 – График ошибки при эквивалентном гармоническом воздействии



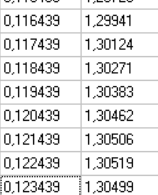
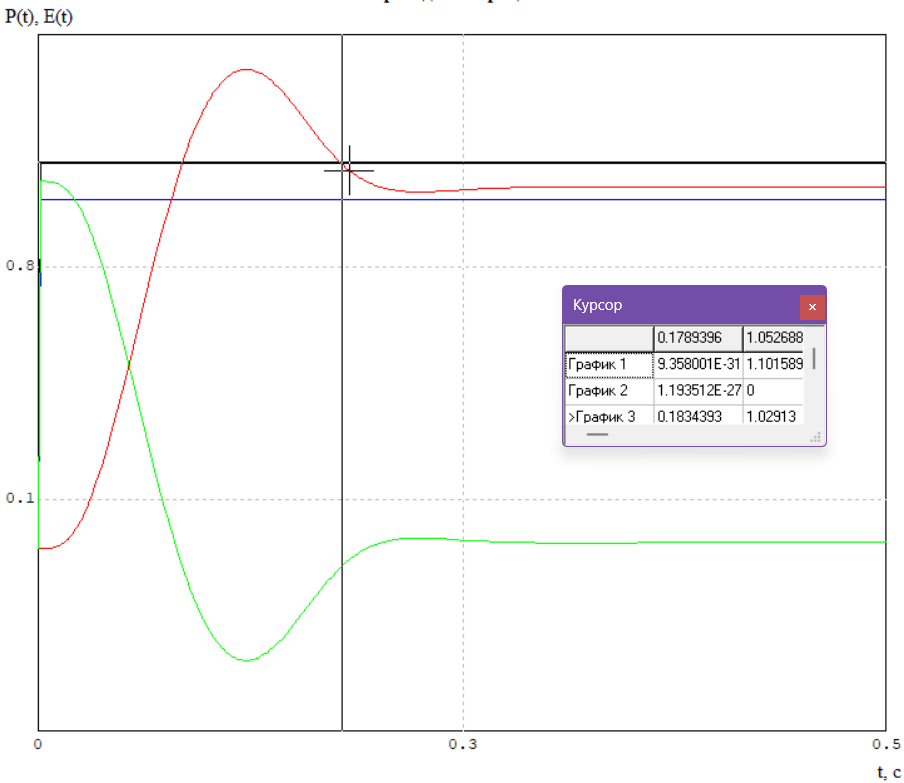


Рисунок 23 – График переходного процесса для цифровой системы, r = 2

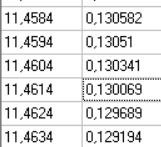
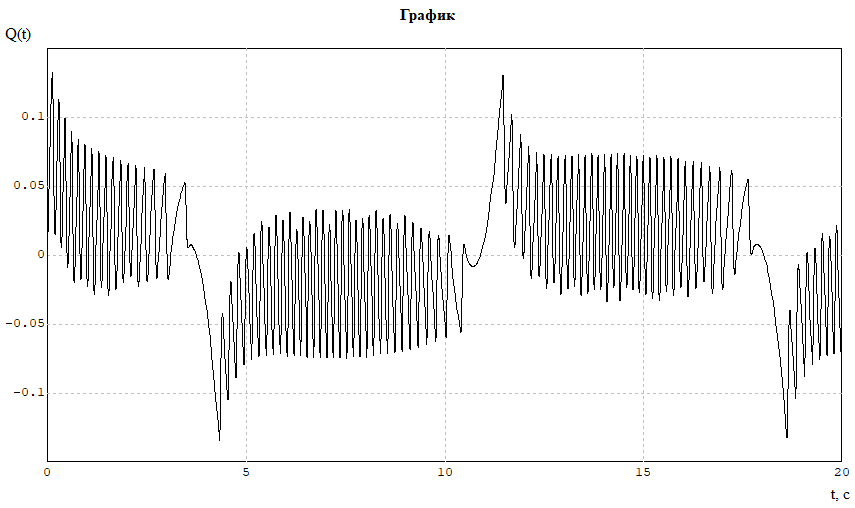


Рисунок 24 – График ошибки при эквивалентном гармоническом воздействии



Вывод

При увеличении шага квантования по времени, увеличивается перерегулирование и время переходного процесса, а запас устойчивости по фазе и амплитуде уменьшаются. При этом максимальная ошибка при эквивалентном гармоническом воздействии остаётся неизменной, а значит шаг квантования по времени значительного воздействия на неё не имеет.

При увеличении разрядности преобразователя (уменьшении шага квантования по уровню) время переходного процесса разрядность преобразователя практически не влияла, а вот на максимальную ошибку при эквивалентном гармоническом воздействии влияние заметно.

Исходя из полученного результата, квантование сигнала по уровню действительно вызывает появление дополнительной ошибки, причем в статике ошибка от квантования не превосходила ширину зоны нечувствительности. В динамике действующие на выходе ЦАП скачкообразные возмущения, вызванные округлением сигнала до целого числа единиц младшего разряда, вызывают появление ошибок, превышающих установленные ограничения.

В нашем случае по заданию установлена максимальная ошибка 0,026 радиан, а при разрядности преобразователя r=2 она равна 0,13, при r=4 0,032.

Таким образом, был проведен точный расчет влияния квантования сигнала по уровню и времени с помощью методов моделирования. Увеличение шага квантования сигнала по уровню вызывают появление ошибок, превышающих допустимые и увеличение времени переходного процесса. Увеличение шага квантования по времени вызывает увеличение времени переходного процесса, перерегулирования и уменьшает устойчивость системы.

Для заданной системы оптимальной разрядностью преобразователя можно считать r=8, так как при ней максимальная ошибка не превышает заданную. Шаг квантования по времени выбирается исходя из требуемых времени переходного процесса и величины перерегулирования.