Санкт-Петербургский Национальный Исследовательский Университет Информационных Технологий, Механики и Оптики

Факультет

Систем управления и робототехники

**Динамика электромеханических систем**

Практическое задание

Разработка привода электромеханической системы углового позиционирования и исследование его динамики

Студент: Петрошенок Л.Д.

Группа: R34402

Преподаватель: Быстров С.В.

Санкт-Петербург

2021г.

1. По заданным характеристикам механической нагрузки электропривода выбрать для него исполнительный двигатель и редуктор. Характеристики нагрузки приведены в таблице 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Мн , Нм | Jн , кг м2 | Ωм , рад/c | εм , рад/с2 |
| 1.0 | 29.0 | 3.5 | 2.5 |

*Где исходными данными для расчета являются:*

*момент сопротивления нагрузки (Мн);*

*момент инерции нагрузки (Jн);*

*максимальная угловая скорость вращения нагрузки (Ωм);*

*максимальное ускорение нагрузки (εм).*

*Тип двигателя выбрать самостоятельно.*

Мощность двигателя должна быть примерно 514 Ватт.

Выберу электродвигатель постоянного тока 2ПБ90LГУХЛ4 со встроенным тахогенератором. (<https://elektro-dvigateli.ru/postoyannogo-toka/elektrodvigateli-2p90.html>)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность P, Вт | Напряжение U, В | Частота вращения, об/мин | | Индуктивность цепи якоря Lя, мГн | Момент инерции Jдв, кг м2 | КПД, % | Момент,  Нм | Сопротивление обмотки якоря Rя, Ом |
| номинальная | максимальная |
| 530 | 220 | 2240 | 4000 | 108 | 0.005 | 73 | 2.26 | 4.26 |

Переведу номинальную частоту вращения в рад/с:

Далее определю оптимальное передаточное число редуктора:

*-* расчётныймомент инерции редуктора

– расчётный КПД редуктора

– оптимальное передаточное число редуктора

По оптимальному передаточному числу подберу подходящий редуктор:

Выберу планетарный двухступенчатый редуктор PA100-A07012E2255 от компании Planetary Gearbox. (<http://www.rts.ua/catalog/delta/pdf4/ps-pa_613.pdf>)

Реальные характеристики редуктора:

Проведу проверочный расчёт выбранного двигателя по его перегрузочной способности и требуемой скорости:

Коэффициент удовлетворяет необходимому соотношению, а незначительно его превышает.

2. Для выбранного типа двигателя разработать функциональную схему привода.

*В состав схемы должны войти :*

***Задающее устройство (ЗУ):***[Задающее устройство ЗУ50 МЗТА](https://insat.ru/prices/info.php?pid=7420)

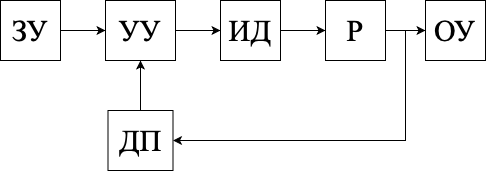
***Устройство управления (УУ):***[Микроконтроллер Stellaris LM3S2616](https://ru.mouser.com/ProductDetail/Texas-Instruments/LM3S2616-IQR50-A0?qs=AFkNxQkJKAJSrJ9gWTrgXw%3D%3D)

***Исполнительный двигатель (ИД):*** [Электродвигатель постоянного тока 2ПБ90LГУХЛ4](https://elektro-dvigateli.ru/postoyannogo-toka/elektrodvigateli-2p90.html)

***Редуктор (Р):*** [Планетарный двухступенчатый редуктор PA100-A07012E2255](http://www.rts.ua/catalog/delta/pdf4/ps-pa_613.pdf)

***Объект управления (ОУ)***

***Датчики скорости и положения (ДС и ДП):*** в двигатель встроен тахогенератор, так что датчик скорости не нужен, погрешность энкодера должна составлять менее 0.01-0.05 градусов. [Инкрементный угловой энкодер ЛИР-190Б.](https://skbis.ru/catalog/rotary/incremental-rotary-encoders/lir-190b)



ЗУ- Задающее устройство ЗУ50 МЗТА

УУ- Регулятор оборотов электродвигателя TDA108

ИД- Электродвигатель постоянного тока 2ПБ90LГУХЛ4

Р- Планетарный двухступенчатый редуктор PA100-A07012E2255

ДП- Инкрементный угловой энкодер ЛИР-190Б

3. Разработка структурной схемы привода (в передаточных функциях)

*3.1 Определиться с видом передаточных функций всех устройств , входящих в состав привода. Рассчитать все параметры передаточных функций.*

**Передаточная функция двигателя**

с - электромагнитная постоянная времени якоря двигателя.

Определю ток якоря:

*-* электромеханическая постоянная времени двигателя

Тогда:

**Передаточная функция редуктора**

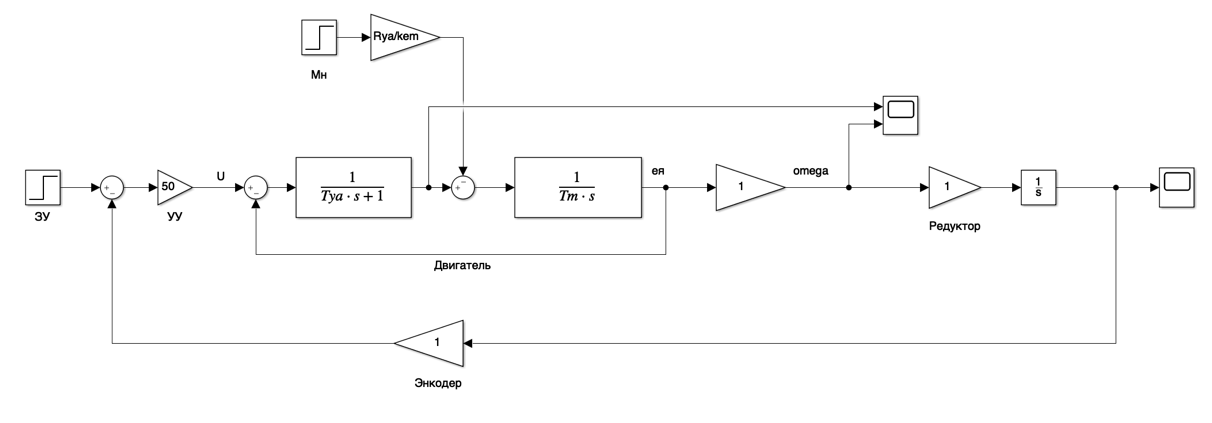
**Передаточная функция энкодера**

**Коэффициент передачи системы**

**Коэффициент передачи устройства управления**

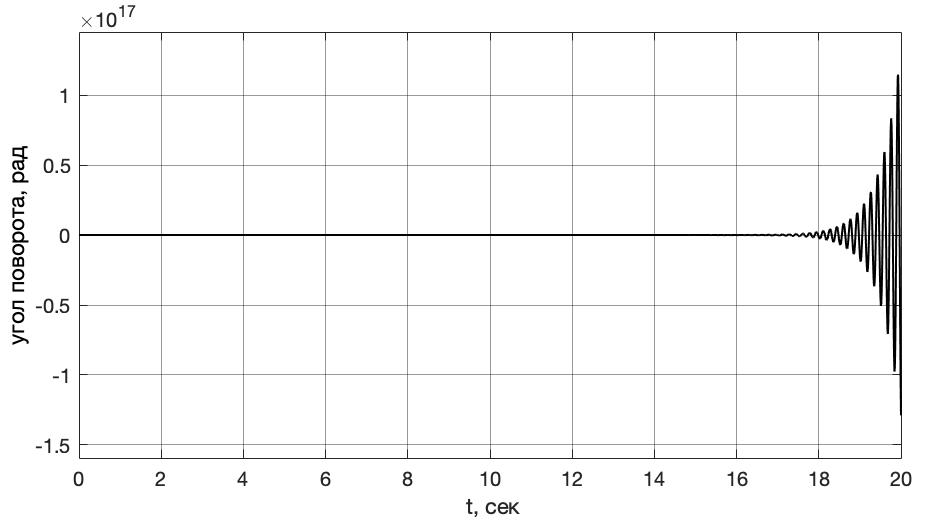
*3.2 Математическое моделирование привода без регулятора.*

*а) Составить схему моделирования привода в среде Simulink.*

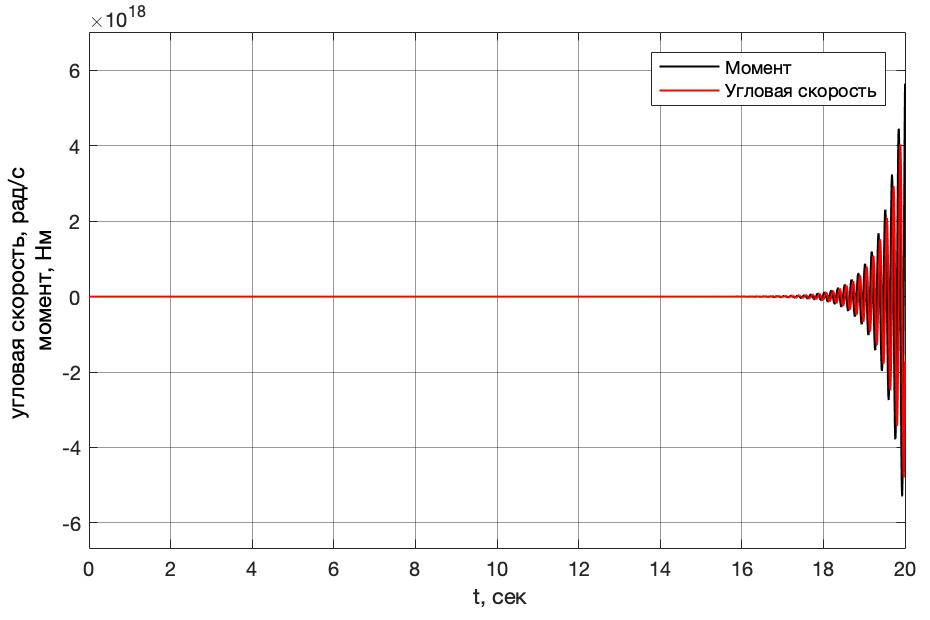
**

*б) Найти реакцию привода в разомкнутом и замкнутом состояниях на ступенчатое воздействие. Зафиксировать графики переходных характеристик.*

Замкнутое состояние:

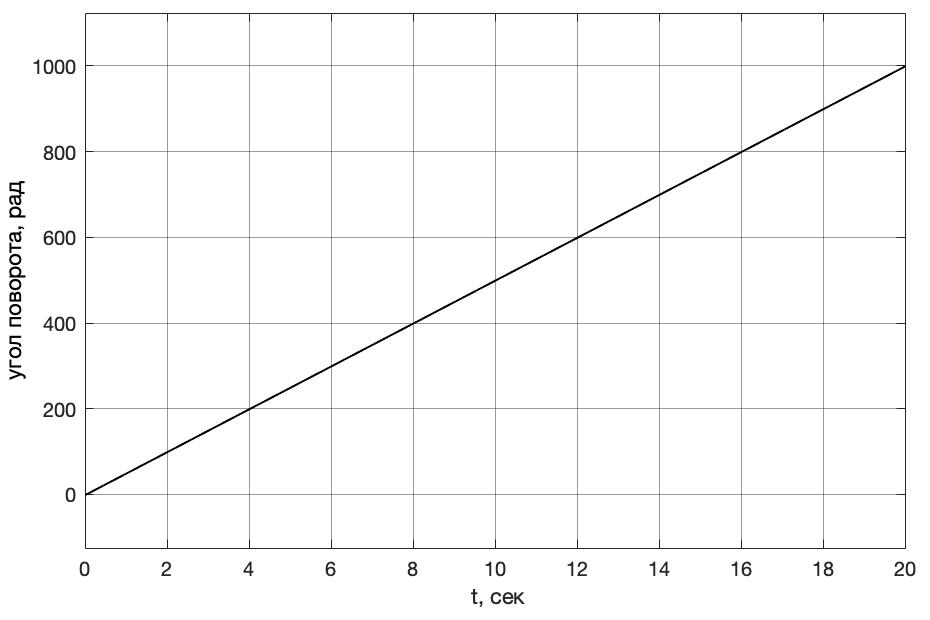
**

*График переходного процесса угла поворота*

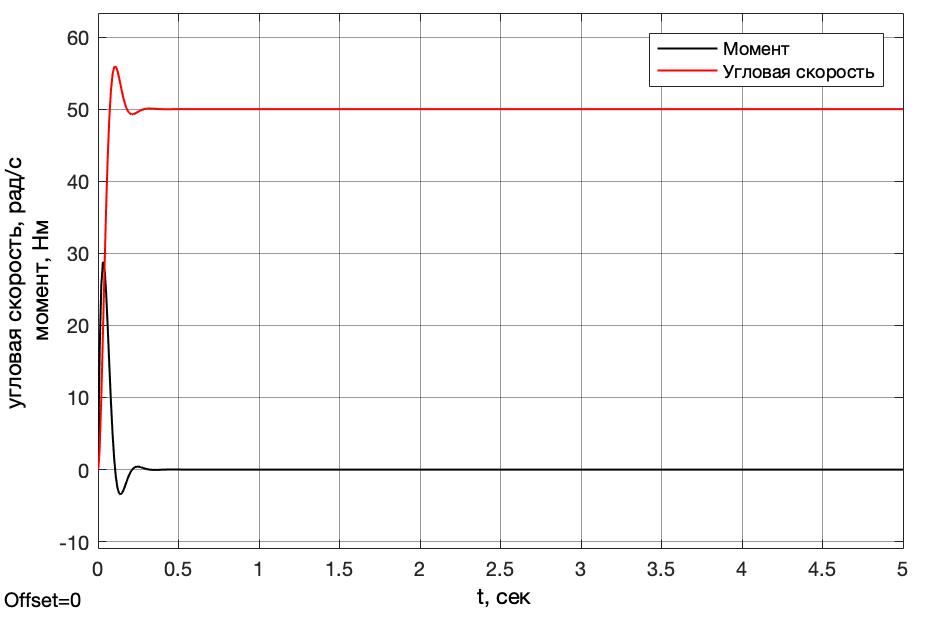
**

*Графики переходных процессов момента и угловой скорости*

Разомкнутое состояние:

**

*График переходного процесса угла поворота*

**

*Графики переходных процессов момента и угловой скорости*

*3.3 Синтез регулятора и моделирование системы с ним.*

*а) Известными способами синтезировать регулятор электромеханической системы углового позиционирования, который бы обеспечивал ей характеристики приведенные в таблице 2.*

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| max , град | M | , % |
| 25 | 1.0 | 2.0 |

*Где max - максимальное угловое перемещение ОУ;*

*М – допустимый показатель колебательности системы;*

*– допустимая динамическая ошибка в процентах от максимальной амплитуды.*

Так как допустимый показатель колебательности равен единице, перерегулирование должно быть нулевым. Для расчета регулятора воспользуюсь методом стандартных полиномов и выберу полином Ньютона.

Передаточная функция разомкнутой системы:

Время переходного процесса для системы с нормированным полиномом Ньютона третьего порядка составляет 6.3 c.

Определим среднегеометрический корень по формуле:

Полином Ньютона для системы второго порядка имеет вид:

Найдем коэффициент искомого полинома по формуле

Найдем коэффициент искомого полинома по формуле

Найдем коэффициент искомого полинома по формуле

Тогда искомый полином примет вид:

Желаемая передаточная функция:

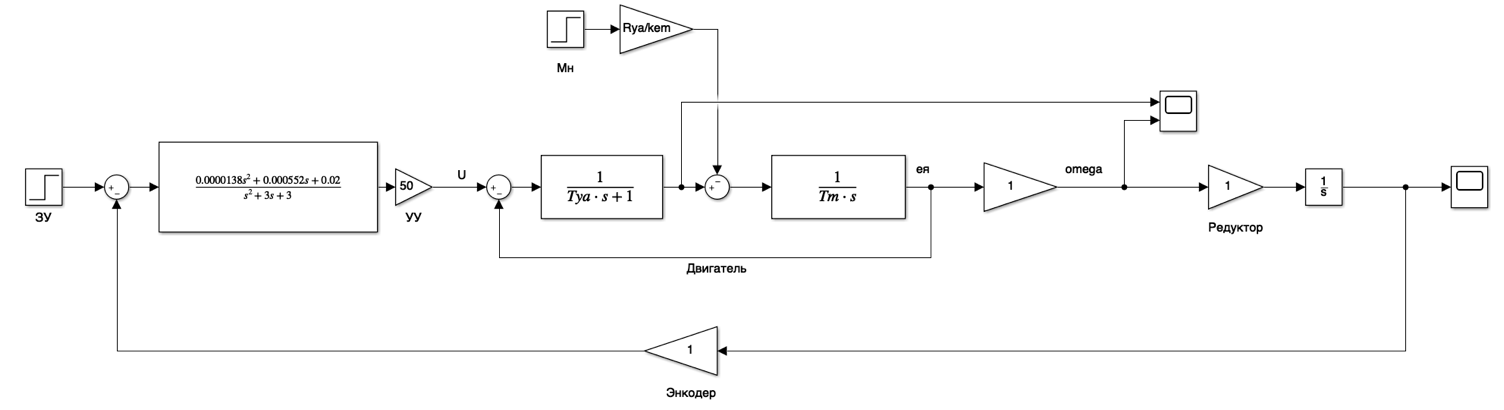
Последовательный регулятор:

*б) Найти эквивалентное гармоническое воздействие системы по заданным её характеристикам.*

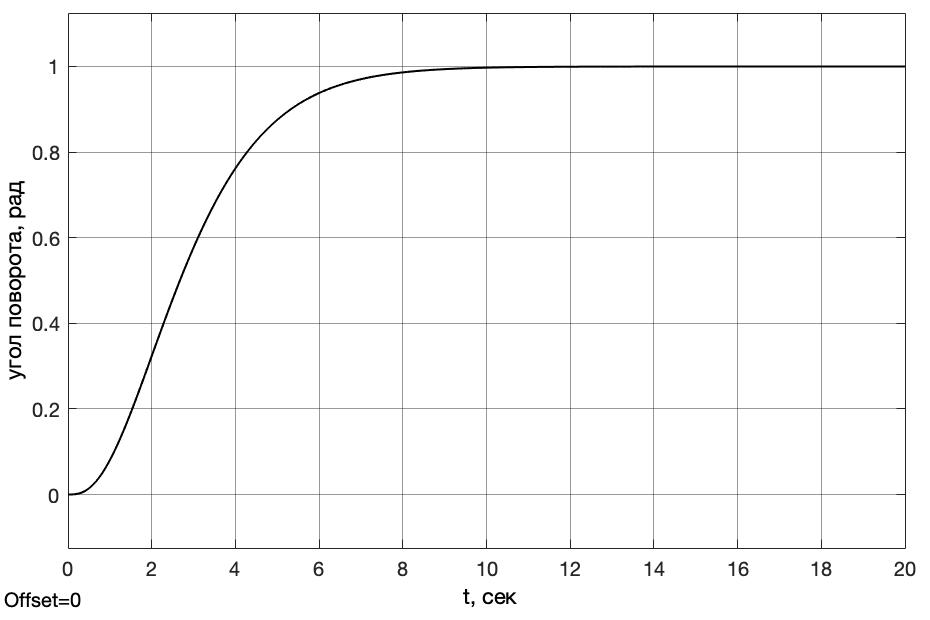
Искомые амплитуда и частота эквивалентного гармонического воздействия могут быть вычислены по формулам:

Тогда:

*в) Провести моделирование системы c регулятором в среде Simulink, получить переходную характеристику и реакцию системы на эквивалентное гармоническое воздействие. По переходной характеристике проверить соответствие системы заданному показателю колебательности, а по реакции на эквивалентное гармоническое воздействие соответствие заданной динамической ошибке.*

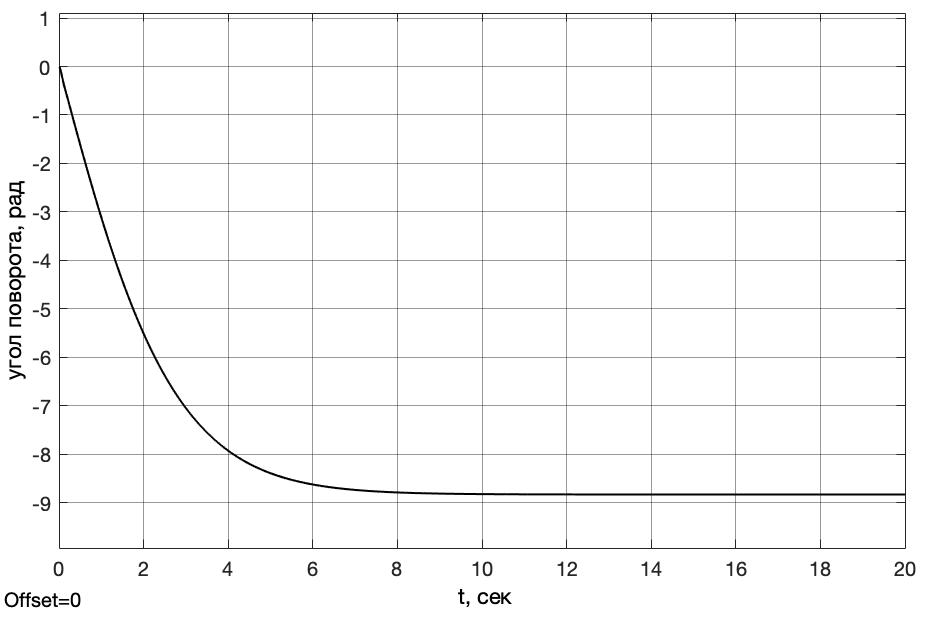
**

Переходная характеристика без учета момента сопротивления нагрузки:

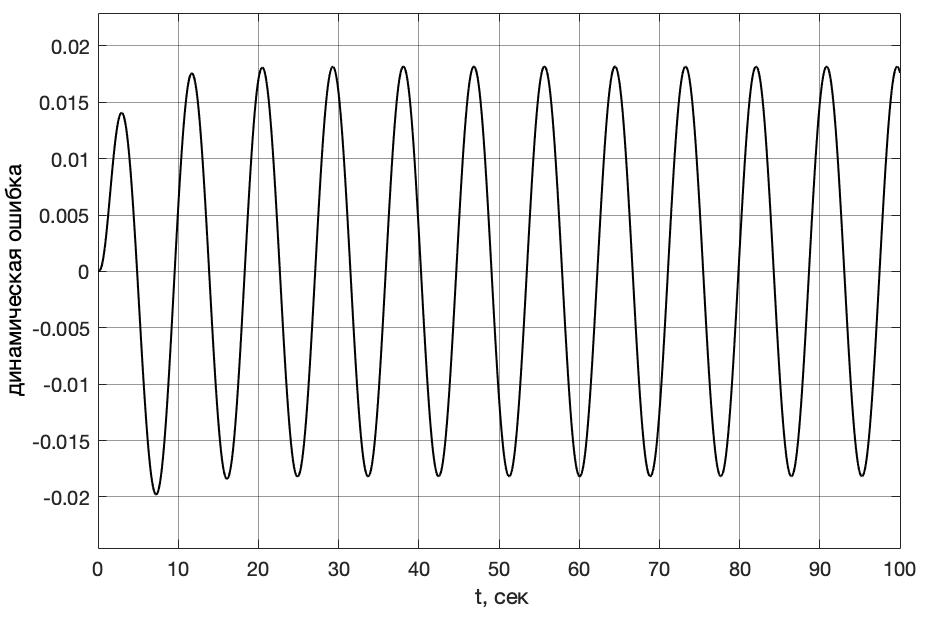


В системе перерегулирование равно нулю, что значит, что показатель колебательностии равен единице.

Переходная характеристика с учетом момента сопротивления нагрузки:

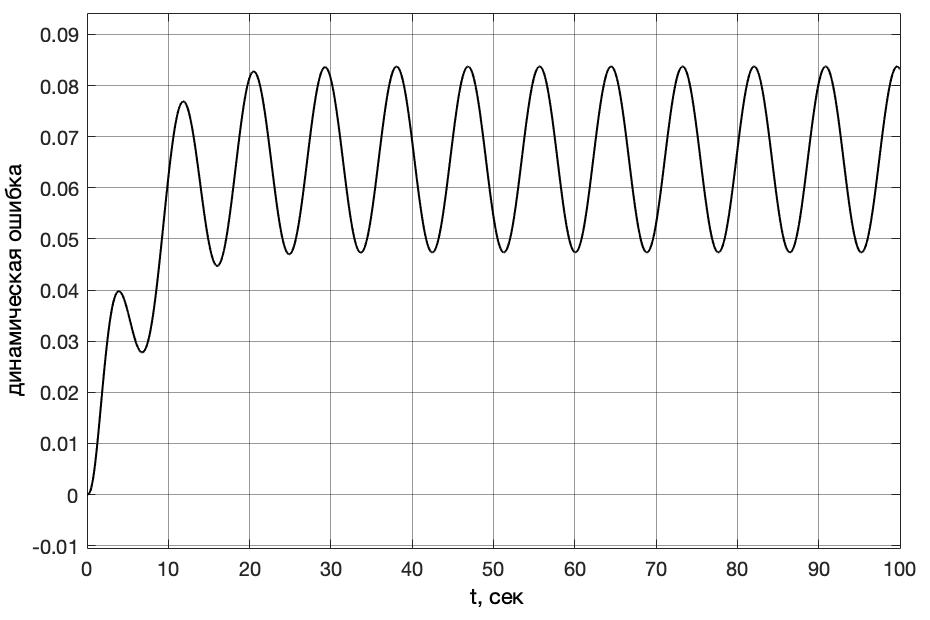


Реакция на эквивалентное гармоническое воздействие без учета момента сопротивления нагрузки:



Максимальная амплитуда колебаний не превышает заданного значения динамической ошибки.

Реакция на эквивалентное гармоническое воздействие с учетом момента сопротивления нагрузки:

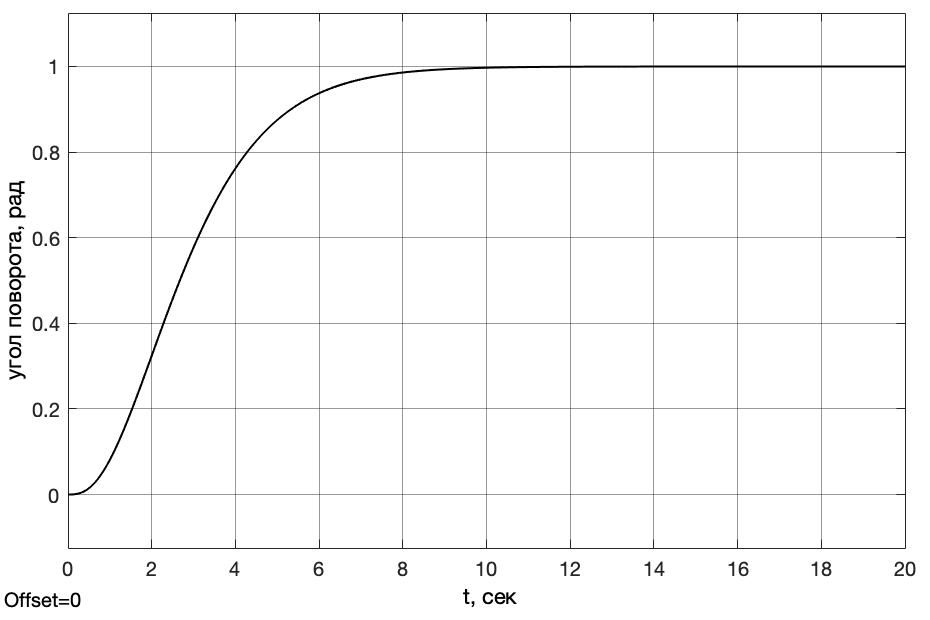


*г) Исследовать влияние изменения момента инерции нагрузки на динамические характеристики системы с регулятором. Провести моделирование для двух новых значений момента инерции на 25% меньше и больше заданного значения.*

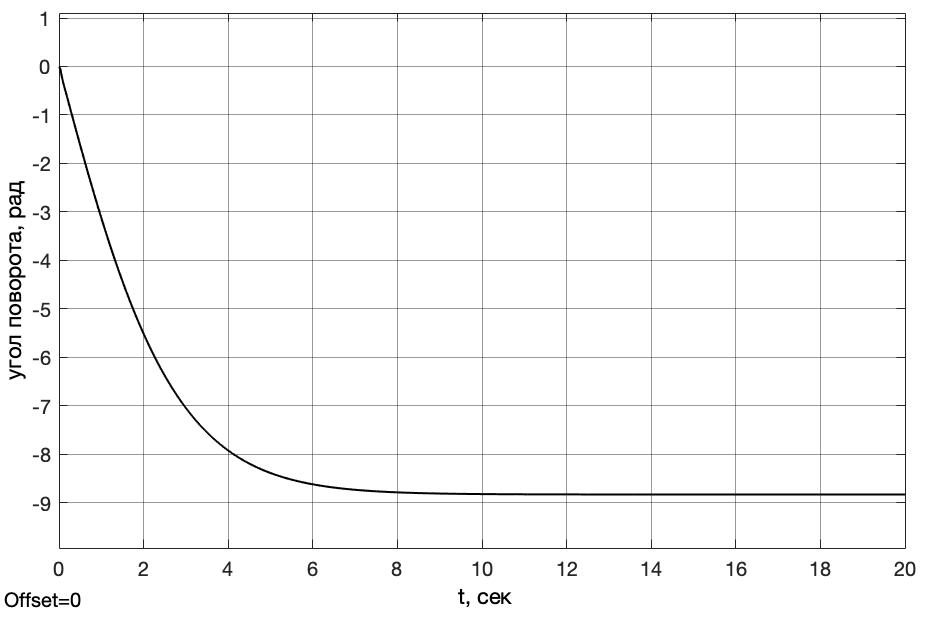
1.Значение момента инерции на 25% меньше

*-* электромеханическая постоянная времени двигателя

Переходная характеристика без учета момента сопротивления нагрузки:

**

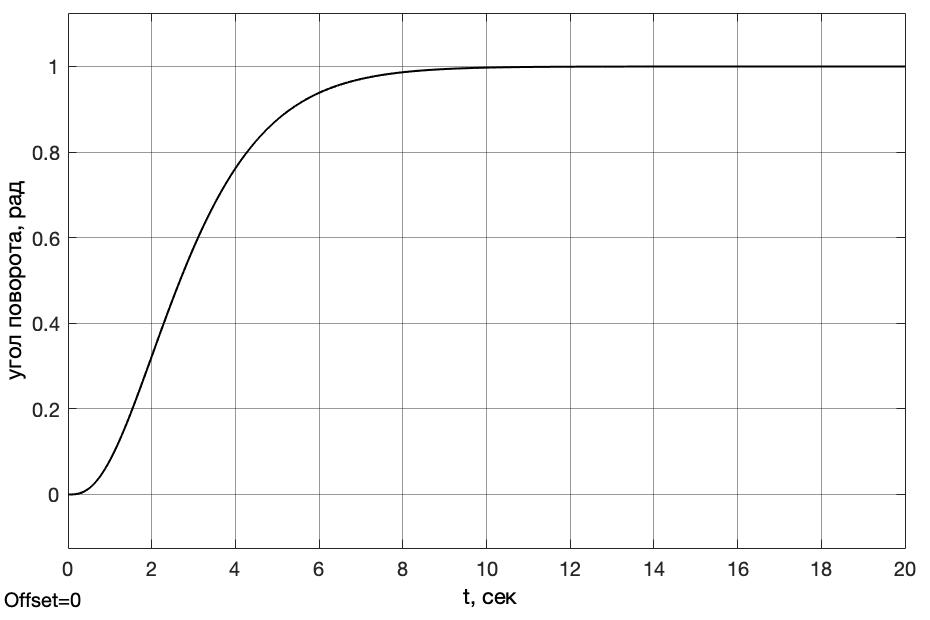
Переходная характеристика с учетом момента сопротивления нагрузки:



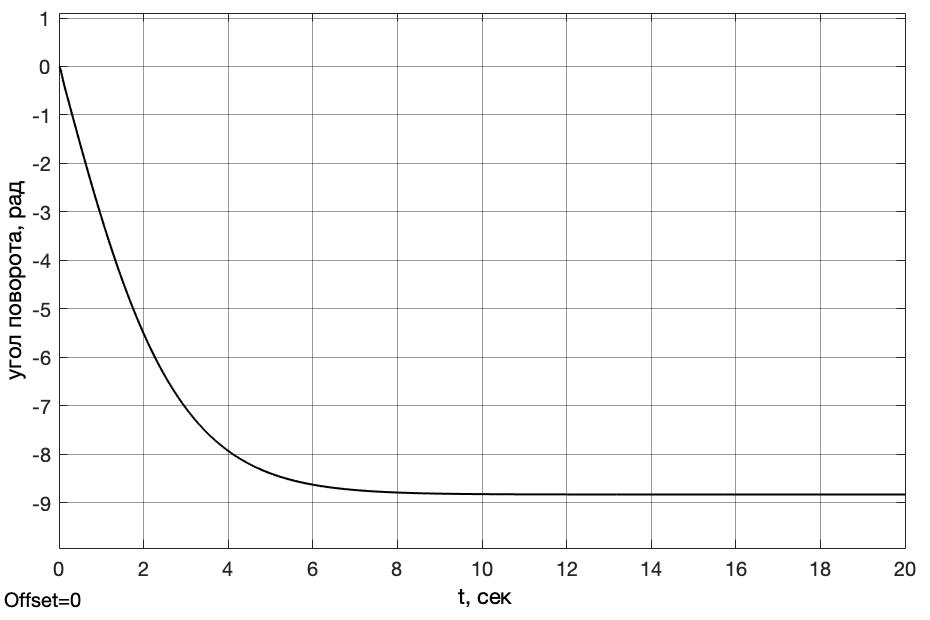
2.Значение момента инерции на 25% больше

*-* электромеханическая постоянная времени двигателя

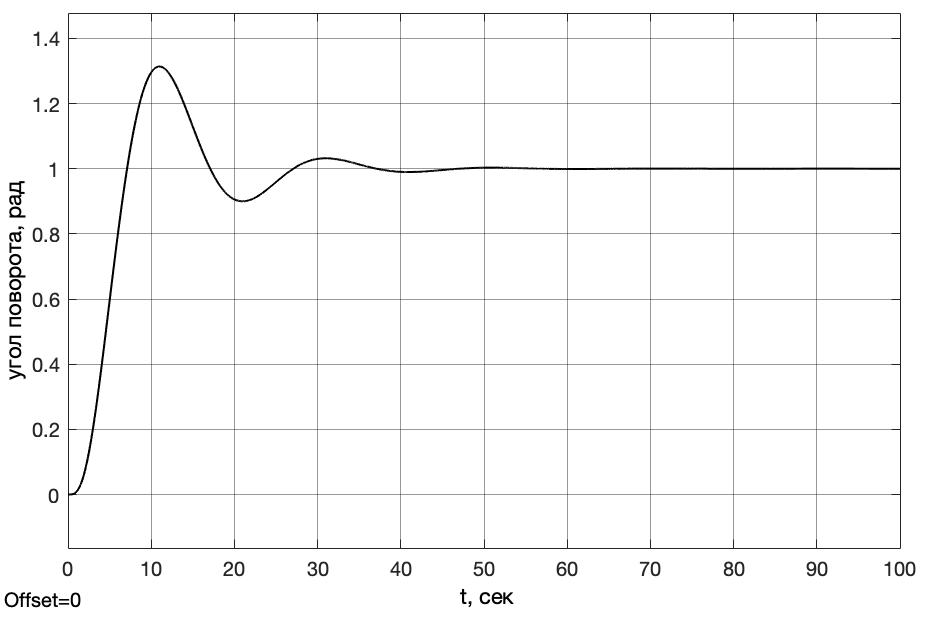
Переходная характеристика без учета момента сопротивления нагрузки:

**

Переходная характеристика с учетом момента сопротивления нагрузки:

**

В качестве эксперимента проведу моделирование с моментом инерции нагрузки, увеличенным в 100 раз:



*д) Провести анализ полученных результатов.*

В данном практическом задании мне удалось по заданным характеристикам механической нагрузки электропривода выбрать для него исполнительный двигатель и редуктор, для выбранного типа двигателя разработать функциональную схему привода и структурную схему привода (в передаточных функциях). Далее был построен регулятор, обеспечивающий заданные показатель колебательности и динамическую ошибку.

Влияние момента сопротивления нагрузки при единичном ступенчатом воздействии вызывает поворот двигателя в обратном направлении.

Влияние момента сопротивления нагрузки при эквивалентном гармоническом воздействии сдвигает график динамической ошибки вверх, в связи с этим среднее значение ошибки увеличивается и составляет примерно 0.065%.

Моделирование с измененным на 25% значением момента инерции нагрузки показало, что такое отклонение совсем практически не влияет на характер переходных процессов. Значительное увеличение момента инерции нагрузки вызывает перерегулирование и увеличение времени переходного процесса. Значительное уменьшение момента инерции нагрузки не меняет характера переходного процесса.