|  |  |
| --- | --- |
|  | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

ФАКУЛЬТЕТ «Специальное машиностроение»

КАФЕДРА «Робототехнические системы и мехатроника»

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

***К КУРСОВОЙ РАБОТЕ***

***НА ТЕМУ:***

***Разработка двухосевого привода направленной антенны для установки на БПЛА***

Студент СМ7-72Б **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Санников А.К.**

(Группа) (Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Гуляев И.А.**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Консультант **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

*2024 г.*

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**

**(национальный исследовательский университет)»**

**(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Индекс)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(И.О.Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение курсового проекта**

|  |  |
| --- | --- |
| По теме: | Разработка двухосевого привода направленной антенны |
| для установки на БПЛА | |
|  | |

Студент группы \_\_\_\_СМ7-72б\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Санников Артём Константинович\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Фамилия, имя, отчество)

Направленность КП (учебная, исследовательская, практическая, производственная, др.)

\_\_\_\_\_\_\_\_практическая\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) \_\_\_\_НИР\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

График выполнения КП: 25% к 5 нед., 50% к 7 нед., 75% к 10 нед., 100% к 14 нед.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Техническое задание*** | Разработать блок управления двухосевого привода для |
| встраивания в систему ретрансляции сигнала с возможностью установки на БПЛА | |
| для увеличения дальности передачи сигнала | |

***Оформление курсового проекта:***

Расчетно-пояснительная записка на \_\_\_\_\_ листах формата А4.

Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания « 17 » сентября 2024 г.

**Руководитель КП**  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ **Гуляев И.А.**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

**Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Санников А.К.**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ 4

1 Энергетический расчет привода 6

2 Создание функциональной схемы привода 9

4 Моделирование неизменяемой части привода 10

4.1 Анализ качества работы нескорректированной системы 11

6 Анализ и синтез корректирующего устройства 12

6.1 Выбор архитектуры корректирующего устройства и его анализ 12

6.2 Синтез корректирующего устройства 12

7 Уточнение модели при помощи нелинейностей и дискретизации 13

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 15

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 16

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

На этапе научно-исследовательской работы была разработана кинематическая схема двухосевого привода направленной антенны, а также сформулированы технические требования к САУ. В связи с этим, сформулируем цель курсовой работы.

Цель работы— разработать математическую модель двухосевого привода, построенного на основе синтезированной кинематической схемы (рис. 1). По построенной модели создать систему автоматического управления приводом.

Для достижения приведенной цели необходимо решить следующие задачи:

* На основании поставленного технического задания и научно-исследовательской работы составить информационную модель привода с помощью MATLAB и Simulink, составить структурную схему.
* С помощью разработанной модели провести энергетический расчет привода, получить модель неизменяемой части системы автоматического управления (САУ).
* Провести анализ качества работы нескорректированной системы.
* Выбрать архитектуру корректирующего устройства, получить его математическую модель.
* Получить разностное уравнение для реализации корректирующего устройства в микроконтроллере
* Сформулировать выводы по проделанной работе и дать оценку спроектированной системы.

Конкретные числовые значения величин представлены в таблице ТЗ 1.

Таблица 1. Техническое задание на разработку привода

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Значение | Ед. измерения |
| Общая масса | 2700 | г. |
| Предельные габариты | 300х300х300 | мм |
| Напряжение питания | 12 | В |
| Диапазон вращения оси 1 |  |  |
| Диапазон вращения оси 2 |  |  |
| Угловая скорость вращения осей |  |  |
| Угловое ускорение вращения осей |  | 2 |
| Время переброски на 360° (время переходного процесса) | 0.125 | сек |
| Ошибка слежения | 1 |  |
| Перерегулирование при переброске | 10 | % |

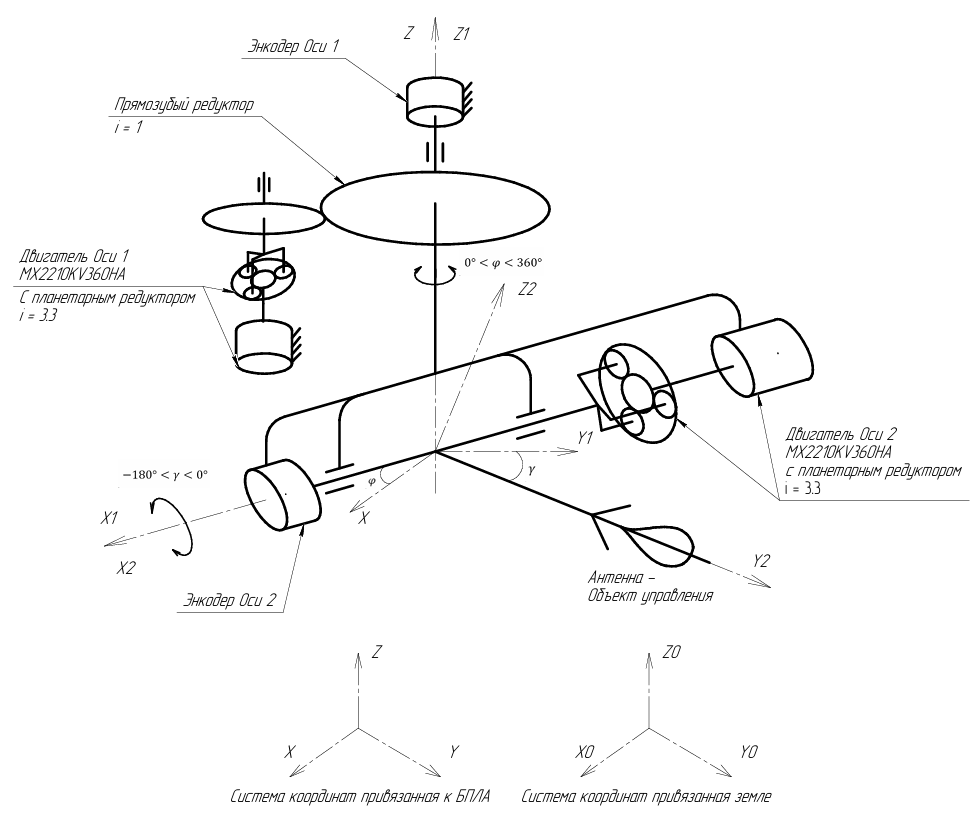


Рис. 1 Кинематическая схема привода

# 1 Энергетический расчет привода

В ходе научно-исследовательской работы было определены требуемые характеристики привода путем построения 3-д модели (рис. 1), получившиеся параметры, также-стоит сразу отметить, что для обоих осей привода было принято решение использовать одинаковые двигатели в соответствии с этим энергетический расчет будет проводится 1 раз для более нагруженной 1 оси, полученные данные после 3-д моделирования:

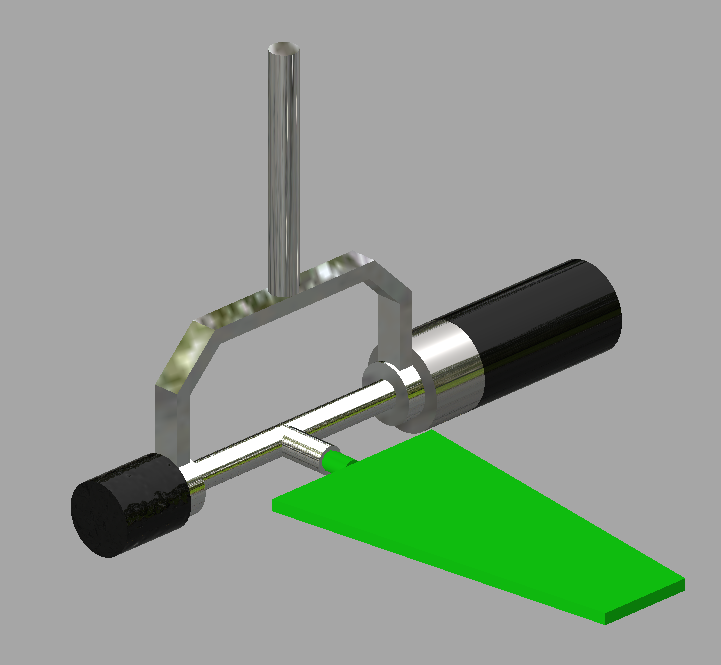


Рис. 1 Грубая 3Д модель привода для оценки моментов инерции.

Рассчитанный момент инерции конструкции:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1) |

Тогда требуемый момент на выходном валу:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | | (2) |
|  | | ; . | (6) |

Мощность на выходном валу (мощность нагрузки):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7) |

По характеру работы привода можно принять:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | ξ  = 1.2 | (8) |

Тогда расчётная величина, требуемой от двигателя мощности будет:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (9) |

Выбираем BLDC двигатель MX2210KV360HA с планетарным редуктором и передаточным отношением 3.3.

Параметры двигателя приведены в таблице 1:

Таблица 1. Характеристики двигателя и редуктора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика | Значение | Ед. измерения |
| Номинальные обороты | 3300 | Об/мин |
| Номинальный момент | 0.033 | Н\*м |
| Момент страгивания | 0.105 | Н\*м |
| Момент инерции ротора | 0.00000076 | Кг м2 |
| Индуктивность обмотки | 100 | мкГн |
| Сопротивление обмотки | 750 | мОм |
| Номинальное напряжение | 12 | В |
| Передаточное отношение редуктора | 3.3 | - |
| Количество полюсов | 7 | - |
| KV | 360 | - |
| Постоянная момента | 0.023 | Н\*м/А |
| Постоянная противо-ЭДС | 0.023 |  |

Редуктор используем от того же производителя – планетарный редуктор с передаточным отношением 3.3.

Также пересчитаем сопротивление и индуктивность двигателя учитывая техническую документацию: 3 обмотки по схеме звезда:

….

….

# 2 Создание функциональной схемы привода

# 4 Моделирование неизменяемой части привода

## 4.1 Анализ качества работы нескорректированной системы

# 6 Анализ и синтез корректирующего устройства

.

## 6.1 Выбор архитектуры корректирующего устройства и его анализ

## 6.2 Синтез корректирующего устройства

# 7 Уточнение модели при помощи нелинейностей и дискретизации

.

# 8 Моделирование системы с ПИД-регулятором и 3-х контурным регулированием.

.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1) Ротхаммель К. Энциклопедия антенн: Antennenbuch под ред. Кришке А. Изд. 11-е: Издательство ДМК-Пресс 2016. 812с. ISBN 978-5-97060-217-1

2) Биард Рэндал У., МакЛэйн Тимоти У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика 2012. 309 с.

3) C.В. Овсянников, А.А. Бошляков, А.О. Кузьмина ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМАХ

4) DJI LLC Краткое руководство пользователя DJI MATRICE 300 2015. 109 с.

5) Кокорев Ю.А., Жаров В.А., Торгов А.М. Расчет электромеханического привода: Учеб. пособие Под ред. В.Н.Баранова. — М.: Изд-во МГТУ, І995. 132 с

6) А.И. Еремеев и др.; Под. ред. О.Ф. Тищенко. А 1. тлас конструкций элементов приборных устройств: Учеб. Пособие для студентов приборостроительных специальностей ВУЗов /А.А. Буцев, М.: Машиностроение, 1982. 116с.

7) М. Г. Алешин, С. В. Дьяконов, А. Ю. Сивов, ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ И ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ ПЕРЕДАТЧИКА РЕТРАНСЛЯТОРА СВЯЗИ НА БЕСПИЛОТНОМ ЛЕТАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ 2011. 21 c.

8) К.О. Коровин , С.В. Кузьмин, Реализация канала связи с БПЛА с использованием широкополосных малоэлементных антенных решеток в качестве бортовых антенных систем, 2020, 6 с.