

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МИСиС»  
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра электроэнергетики и электротехники

Р.Е. Мажирина

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТИПОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Методические указания  
по выполнению курсового проекта  
для обучающихся направления подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
очной и заочной форм обучения

Новотроицк 2020

**УДК 621.34**

**ББК 32.291**

**М 12**

Рецензенты:

Доцент кафедры электроэнергетики и электротехники Новотроицкого филиала  
ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС», кандидат технических наук, ***К. В. Лицин***

Инженер по эксплуатации теплотехнического оборудования  
ООО «Агро-Альянс ОМФ», кандидат технических наук, ***А. Н. Бушуев***

Мажирина Р.Е. Автоматизированный электропривод типовых производственных процессов: методические указания по выполнению курсового проекта для обучающихся направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2020. – 38 с.

Методические указания включают порядок выполнения расчетов при проектировании автоматизированного электропривода с цифровой системой управления.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИТУ "МИСиС" по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

*Рекомендовано Методическим советом НФ НИТУ "МИСиС"*

© Новотроицкий филиал  
ФГАОУ ВО "Национальный  
исследовательский технологиче-  
ский университет "МИСиС", 2020

## Содержание

Список использованных сокращений .....	4
Введение .....	5
1 Общая информация о курсовом проекте .....	6
2 Рекомендации по описанию рабочей машины .....	7
3 Рекомендации по выполнению синтеза системы управления .....	9
4 Рекомендации по моделированию динамических характеристик электропривода .....	18
5 Рекомендации по проверке правильности выбранного двигателя.....	21
6 Рекомендации по выполнению презентации по курсовому проекту.....	22
7 Примерные вопросы для защиты курсового проекта.....	23
8 Список рекомендуемой литературы.....	24
Приложение А.....	26
Приложение Б .....	27

## **Список использованных сокращений**

АД - асинхронный двигатель

АД с кз - асинхронный двигатель с фазным ротором

АЭП - автоматизированный электропривод

ДПТ НВ - двигатель постоянного тока независимого возбуждения

Г-Д - система генератор-двигатель

КПД - коэффициент полезного действия

ЛАЧХ - логарифмическая амплитудно-частотная характеристика

ЛФЧХ - логарифмическая амплитудно-частотная характеристика

МП - микропроцессор

ПК - программируемый контроллер

ПЧ-АД - система преобразователь частоты – асинхронный двигатель

ПЧ-СД - система преобразователь частоты – синхронный двигатель

ТП-Д - система тиристорный преобразователь - двигатель

СД - синхронный двигатель

СУ ЭП - систему управления электроприводами

ЭП - электрический привод

## Введение

Настоящий курсовой проект обучающиеся выполняют на четвертом курсе очной формы и пятом курсе заочной формы.

В курсовом проекте должны быть рассмотрены вопросы проектирования автоматизированного электропривода конкретного оборудования, выбранного обучающимся в качестве объекта исследования для выполнения выпускной квалификационной работы.

Целью курсового проектирования является изучение способов реализации законов управления движением электропривода применительно конкретному технологическому процессу и подготовка к решению вопросов дипломного проектирования, а также формирование универсальной компетенции (УК-3 - проектирование и разработка) и профессиональных компетенций (ПК-2- проектирование объектов профессиональной деятельности и ПК-3 - эксплуатация объектов профессиональной деятельности).

Решение целей курсового проектирования предусматривает выполнение следующих задач:

- описание рабочей машины;
- выполнение синтеза системы управления в цифровом виде;
- моделирование динамических характеристик электропривода;
- проверка правильности выбранного двигателя.

Объектом для проектирования является электрический привод типового технологического процесса для которого разрабатывается цифровая система управления электроприводом.

Если обучающийся не определился с объектом проектирования, то он может выбрать задание из предложенных вариантов в приложении Б.

## 1 Общая информация о курсовом проекте

Тема курсового проекта выбирается в соответствии с темой выпускной квалификационной работы и является продолжением расчетно-графической работы по дисциплине "Проектирование электротехнических устройств".

Примерная тематика курсовых проектов по дисциплине:

- 1) Автоматизированный электропривод мостового крана
- 2) Автоматизированный электропривод пассажирского лифта
- 3) Автоматизированный электропривод шахтной (скиповой или клетевой) подъемной машины
- 4) Автоматизированный электропривод машин непрерывного транспорта
- 5) Автоматизированный электропривод одноковшового экскаватора
- 6) Автоматизированный электропривод вентиляторной установки
- 7) Автоматизированный электропривод насосной установки
- 8) Автоматизированный электропривод компрессорной станции
- 9) Автоматизированный электропривод металлорежущего станка
- 10) Автоматизированный электропривод прокатного стана

Расчетно-пояснительная записка курсового проекта должна содержать:

Титульный лист

Задание

Содержание

Введение

1 Описание рабочей машины

2 Синтез системы управления

3 Моделирование и анализ динамических характеристик

4 Проверка правильности выбора двигателя

Заключение

Список использованных источников

Приложение

Систему управления необходимо синтезировать в цифровом виде.

Курсовой проект рассчитан на выполнение в течение одного учебного семестра и должен быть закончен и защищен в сроки, указанные руководителем проекта.

Курсовой проект имеет объем 35-40 страниц формата А4. Графическая часть проекта размещается в приложениях и может содержать:

– общий вид оборудования с указанием габаритных размеров, места расположения двигателей, датчиков и устройств автоматики;

- функциональные, кинематические и технологические схемы оборудования;
- структурные схемы электропривода в целом или силовой части и системы управления по отдельности;
- принципиальные схемы электропривода;
- динамические характеристики электропривода;
- нагрузочные диаграммы, тахограммы;
- алгоритмы расчетов на ЭВМ.

## 2 Рекомендации по описанию рабочей машины

Курсовой проект является продолжение расчетно-графического задания по дисциплине "Проектирование электротехнических устройств", в котором было описание рабочей машины, выбрана система электропривода, произведен расчет нагрузочных диаграмм и выбраны приводной двигатель и силовое оборудование.

Описание рабочей машины в курсовом проекте должно включать назначение рабочей машины, техническую характеристику.

### ***Например:***

*Мостовой кран предназначен для перемещения грузов в условиях сталеплавильного цеха ОА "Уральская Сталь". Передвигается мостовой кран по подкрановым путям с установленной на нем тележкой, осуществляющей подъем и опускание грузов. Техническая характеристика крана представлена в таблице 1.*

Таблица 1 - Техническая характеристика мостового крана

<i>Наименование параметра</i>	<i>Численное значение</i>
<i>Грузоподъемность крана, т</i>	
<i>Длина пролета, м</i>	
<i>Высота подъема груза, м</i>	
<i>Скорость перемещения моста, м/мин</i>	
<i>Скорость движение ходовой тележки м/мин</i>	
<i>Скорость подъема груза, м/мин</i>	
<i>Режим работы крана</i>	
<i>Температурный режим</i>	

*Кратное описание рабочей машины*

*Кинематическая схема мостового крана включает следующие составные части: приводной двигатель, вал, редуктор, грузовые тросы с барабаном для намотки.*

*Таблица 2 - Техническая характеристика двигателя типа XXXXXX*

<i>Наименование параметра</i>	<i>Численное значение</i>
<i>Мощность двигателя, кВт</i>	
<i>Напряжение статора номинальное, В</i>	
<i>Ток статора номинальный, А</i>	
<i>Скорость вращения ротора, об/мин</i>	
<i>Номинальный КПД, %</i>	
<i>Коэффициент мощности, о.е.</i>	
<i>Активное сопротивление статора*, о.е.</i>	
<i>Индуктивное сопротивление статора*, о.е.</i>	
<i>.....</i>	
<i>Момент инерции, кг·м<sup>2</sup></i>	

*\* Примечание – данные взяты с аналогичного отечественного двигателя типа XXXXXX мощностью XX кВт, XXX В, XXX об/мин.*

Технические характеристики электрической части силовой части: преобразователя частоты, трансформатора, дросселя или реактора необходимо представить в виде таблиц.

***Например:***

*Таблица 3 – Техническая характеристика преобразователя частоты типа XXXX*

<i>Наименование параметра</i>	<i>Численное значение</i>
<i>Входное напряжение, В</i>	
<i>Номинальное выходное напряжение, В</i>	
<i>Максимальный выходной ток, А</i>	
<i>Диапазон регулирования выходного напряжения, В</i>	
<i>КПД, %</i>	
<i>Габариты, мм</i>	
<i>Масса, кг</i>	

В данной главе необходимо представить электрическую схему силовой части. Схема электрическая изображается на листе формата не более А3 и размещается в приложении к пояснительной записке. Схема должна содержать

выбранные устройства силовой части электропривода. На схеме необходимо указать также фильтры.

### **3 Рекомендации по выполнению синтеза системы управления**

#### **3.1. Моделирование схемы силовой части электропривода**

На этом этапе проектирования необходимо определиться со структурной схемой силовой части электропривода. Выше были выбраны элементы силовой части: преобразователь частоты, трансформатор, дроссели и реакторы (при их наличии).

Варианты схем силовых частей электропривода с двигателем постоянного тока и асинхронным двигателем представлены в [12]. Варианты схем с применением синхронных и вентильных двигателей представлены в [2,3].

#### **3.2 Синтез контура регулирования**

Система управления автоматизированным электроприводом, как правило, строится по принципу многоконтурных систем подчиненного регулирования. В каждом контуре регулятор, включенный последовательно с объектом регулирования, обеспечивает оптимальный переходной процесс. Количество контуров регулирования равно количеству регулируемых координат (ток, потокосцепление, скорость, положение).

Синтез регуляторов сводится к получению в каждом контуре желаемого переходного процесса. Оптимизация многоконтурных систем обеспечивает регулирование в каждом контуре по быстродействию и точности. При этом регулируемая координата не будет иметь зависимость от внешних (возмущающих) воздействий.

При настройке контуров регулирования автоматизированных приводов используют модульный (или технический) и симметричный оптимум.

Модульный оптимум используется для настройки контуров регулирования тока статора или якоря, контура потокосцепления асинхронного двигателя, контуров скорости и положения (при невысоких требованиях к точности). Симметричный оптимум используется в двух вариантах с фильтром и без фильтра на входе при более высоких требованиях к точности системы.

#### **3.3 Краткие сведения о цифровом синтезе**

Целью цифрового синтеза является определения типа и вида регуляторов

с целью обеспечения желаемых динамических показателей электропривода.

Метод синтеза последовательной коррекции по желаемой передаточной функции разомкнутого контура, используемый для непрерывных систем применим и для цифровых систем, когда период дискретизации по времени мал по сравнению с самой малой постоянной времени системы управления.

Согласно теореме Котельникова-Шеннона непрерывный сигнал восстанавливается без искажения информации по совокупности дискретных значений, если время дискретизации  $T \leq 0,5 \cdot T_{\mu}$ . На практике рекомендуется  $T \leq (0,1 \div 0,2) \cdot T_{\mu}$ .

MATLAB позволяет модель, заданную как непрерывную, преобразовывать в дискретную форму, в соответствии со схемой:

$$k2=c2d(k1, Ts, 'method'), \quad (1)$$

где  $k2$  - имя дискретной передаточной функции;

$k1$  - имя исходной аналоговой модели;

$Ts$  - задаваемое время дискретизации;

'method' - метод дискретизации; возможны варианты:

'zoh' - соответствует применению экстраполятора нулевого порядка;

'foh' - соответствует применению экстраполятора первого порядка;

'tustin' - аппроксимация методом Тастина.

Задачей экстраполятора является математическое описание выходной дискретной величины. Математически экстраполяция сводится к продолжению кривой, характеризующей предыдущее изменение дискретного сигнала.

Экстраполяция (от лат. extra - вне и polio - приглаживаю, выправляю, изменяю) - это определение (отыскание) значение величины по предыдущим выборкам, которое в текущий момент не известно и получив значение величины можно провести интерполяцию. Интерполяция (от лат. interpolation - изменение, обновление) – это отыскание промежуточных значений величины по некоторым известным ее значениям.

Экстраполятор моделирует цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) в системах автоматического управления, и предназначен для решения дифференциальных уравнений, описывающих поведение управляемого объекта. Экстраполятор является преобразователем сигналов.

*Экстраполятор нулевого порядка* фиксирует значение входного сигнала в начале интервала квантования и поддерживает на выходе это значение до окончания интервала квантования. Затем выходной сигнал изменяется скачком до величины входного сигнала на следующем шаге квантования.

Экстраполятор нулевого порядка имеет импульсную переходную функцию прямоугольного вида.

*Экстраполятор первого порядка* - восстанавливает в виде кусочно - линейной аппроксимации изначально оцифрованный сигнал. Выходной сигнал на каждом такте дискретизации линейно изменяется в соответствии с крутизной входного сигнала на предыдущем интервале дискретизации.

Экстраполятор первого порядка имеет импульсную переходную функцию треугольного вида. По сравнению с экстраполятором нулевого порядка экстраполятор первого порядка в общем случае имеет меньший шум квантования и, следовательно, более точно восстанавливает сигнал.

Экстраполяторы более высокого порядка используют в цифровых фильтрах.

Согласно методу Тастина  $L$ - и  $Z$ -изображения связаны между собой соотношением:  $z=e^{p \square T}$ .

1

### 3.4 Пример цифрового синтеза контура регулирования тока якоря

В данном примере произведен синтез контура регулирования тока для непрерывной (аналоговой) системы, а далее осуществлен переход к дискретной передаточной функции. Синтез осуществлен численным методом, позволяющим получить частное решение для конкретных начальных условий и количественных параметров модели. Такая методика дает гарантированно устойчивую цифровую систему.

Данные двигателя постоянного тока с независимым возбуждением:  $U_{яном}=440$  В;  $I_{яном}=490$  А;  $n_{ном}=750$  об/мин;  $R_{ясум}=0,012$  Ом;  $R_{дп}=0,0057$  Ом;  $J=17$  кг·м<sup>2</sup>. Перегрузочная способность двигателя по току – 2.

Данные тиристорного преобразователя: коэффициент передачи тиристорного преобразователя  $K_{ТП}=44$  В/В; постоянная времени  $T_{ТП}=0,0064$  с.

Время дискретизации должно быть меньше величины:  $0,5 T_{\mu}=0,5 \div 0,0064=0,0032$  с. В данном случае принято  $T=0,001$  с.

При построении дискретной модели использовался метод Тастина. В качестве желаемой передаточной функции была принята передаточная функция при настройке на модульный оптимум с перерегулированием 4,32%. При необходимости можно выбрать любую другую настройку.

Программа в MATLABe имеет вид:

```
clear
clc
% Данные двигателя постоянного тока
% Номинальное напряжение (В)
U=440;
% Номинальный ток якоря (А)
```

```

I=490;
% Номинальная скорость вращения (об/мин)
N=750;
% Сопротивление якорной цепи (Ом)
R=0.012+0.0057;
% Момент инерции (кг*м2)
J=17;
% Перегрузочная способность двигателя
Im=2*I;
% Данные тиристорного преобразователя
% Коэффициент передачи тиристорного преобразователя
Ktp=44;
% Постоянная времени тиристорного преобразователя
Ttp=0.0064;
% Расчет скорости вращения номинальная (рад/с)
disp('Скорость вращения номинальная (рад/с) ' )
W=N/9.55
% Расчет индуктивности якорной цепи (Гн)
disp('Индуктивность якорной цепи (Гн) ')
L=0.45*U/I/W/2
% Расчет электромагнитной постоянной времени
disp('Электромагнитная постоянная времени (с) ' )
Tj=L/R
% Расчет коэффициента, связывающего ЭДС и скорость
disp('Коэффициент, связывающий ЭДС и скорость (В*с) ')
KF=(U-I*R)/W

%Синтез контура регулирования тока (аналоговый)
%Передаточная функция якорной цепи
disp('Передаточная функция якорной цепи')
Wj=tf([1/R],[Tj 1])
% Передаточная функция ТП
disp('Передаточная функция тиристорного преобразователя')
Wtp=tf([Ktp],[Ttp 1])
% Передаточная функция объекта регулирования
Wor=Wtp*Wj;
kot=8/Im;
% Желаемая передаточная функция КРТя при МО
at=2;
disp('Желаемая передаточная функция КРТя при МО')
Wg=tf([1/kot],[at*Ttp^2 at*Ttp 0])
% Передаточная функция РТ аналогового
disp('Передаточная функция аналогового регулятора тока')
Wrt=Wg/Wor
% Передаточная функция замкнутого КРТя
WKJ=feedback (Wrt*Wor, kot);

```

```

% Построение переходной функции замкнутого
% аналогового контура тока
step(WKJ)
% Команда включения сетки на графике
grid on
title('Переходной процесс аналогового КРТ')

%Синтез контура регулирования тока (цифровой)
%Передаточная функция якорной цепи (цифровая)
disp('Передаточная функция якорной цепи (цифровая)')
Wj1=c2d (Wj, 0.001, 'tustin')
% Передаточная функция ТП (цифровая)
disp('Передаточная функция тиристорного преобразователя
(цифровая) ')
Wtp1=c2d (Wtp, 0.001, 'tustin')
% Передаточная функция объекта регулирования (цифровая)
Wor1=Wtp1*Wj1;
% Желаемая передаточная функция КРТя при МО
disp('Желаемая передаточная функция КРТя при МО')
Wg1=c2d (Wg, 0.001, 'tustin')
% Передаточная функция РТ цифрового
disp('Передаточная функция цифрового регулятора тока')
Wrt1=Wg1/Wor1
% Передаточная функция замкнутого КРТя в цифровом виде
WKJ1=feedback (Wrt1*Wor1, kot);
% Команда включения графического окна
figure
% Построение переходной функции
% замкнутого цифрового контура тока
step(WKJ1)
% Команда включения сетки на графике
grid on
title('Переходной процесс цифрового КРТ')

figure
% Построение переходной функции
% замкнутого цифрового контура тока
step(Wrt)
% Команда включения сетки на графике
grid on
title('Переходной процесс аналогового РТ')

figure
% Построение переходной функции
% замкнутого цифрового контура тока
step(Wrt1)

```

```

% Команда включения сетки на графике
grid on
title('Переходной процесс цифрового РТ')

```

Результат работы программы в командном окне имеет вид:

**Скорость вращения номинальная (рад/с)**

**W =  
78.5340**

**Индуктивность якорной цепи (Гн)**

**L =  
0.0026**

**Электромагнитная постоянная времени (с)**

**Tj =  
0.1453**

**Коэффициент, связывающий ЭДС и скорость (В\*с)**

**KF =  
5.4922**

**Передаточная функция якорной цепи**

**Wj =  
56.5  
-----  
0.1453 s + 1**

**Continuous-time transfer function.**

**Передаточная функция тиристорного преобразователя**

**Wtp =  
44  
-----  
0.0064 s + 1**

**Continuous-time transfer function.**

**Желаемая передаточная функция КРТя при МО**

**Wg =  
122.5  
-----  
8.192e-05 s^2 + 0.0128 s**

**Continuous-time transfer function.**

**Передаточная функция аналогового регулятора тока**

**Wrt =  
0.114 s^2 + 18.59 s + 122.5  
-----  
0.2036 s^2 + 31.82 s**

**Continuous-time transfer function.**

**Передаточная функция якорной цепи (цифровая)**

**Wj1 =  
0.1937 z + 0.1937  
-----**

$$z - 0.9931$$

Sample time: 0.001 seconds

Discrete-time transfer function.

Передаточная функция тиристорного преобразователя (цифровая)

Wtp1 =

$$3.188 z + 3.188$$

-----

$$z - 0.8551$$

Sample time: 0.001 seconds

Discrete-time transfer function.

Желаемая передаточная функция КРТя при МО

Wg1 =

$$0.3468 z^2 + 0.6935 z + 0.3468$$

-----

$$z^2 - 1.855 z + 0.8551$$

Sample time: 0.001 seconds

Discrete-time transfer function.

Передаточная функция цифрового регулятора тока

Wrt1 =

$$0.3468 z^4 + 0.05263 z^3 - 0.6405 z^2$$

$$- 0.05194 z + 0.2945$$

-----

$$0.6175 z^4 + 0.0895 z^3 - 1.146 z^2$$

$$- 0.0895 z + 0.528$$

Sample time: 0.001 seconds

Discrete-time transfer function.

Переходные функции замкнутого контура тока представлены на рисунках 1, 2.

Анализ переходных процессов аналоговой и цифровой системы по виду, величине времени переходного процесса позволяет сделать вывод о правильности расчетов.

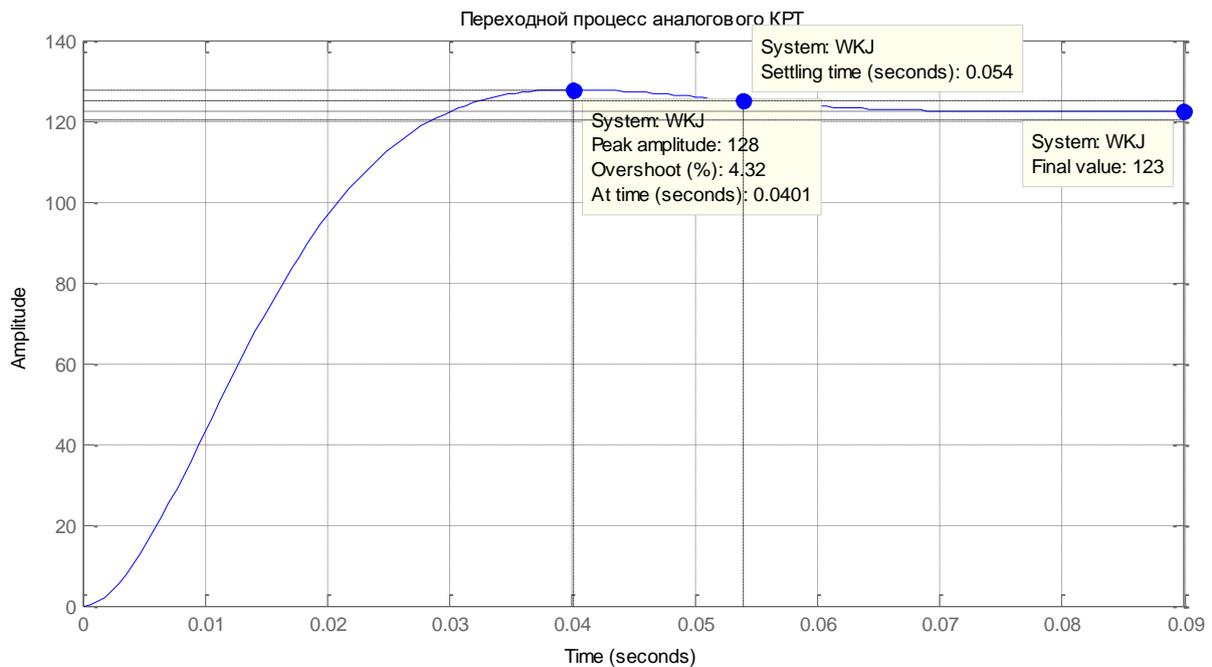


Рисунок 1 – Переходный процесс аналогового контура регулирования тока

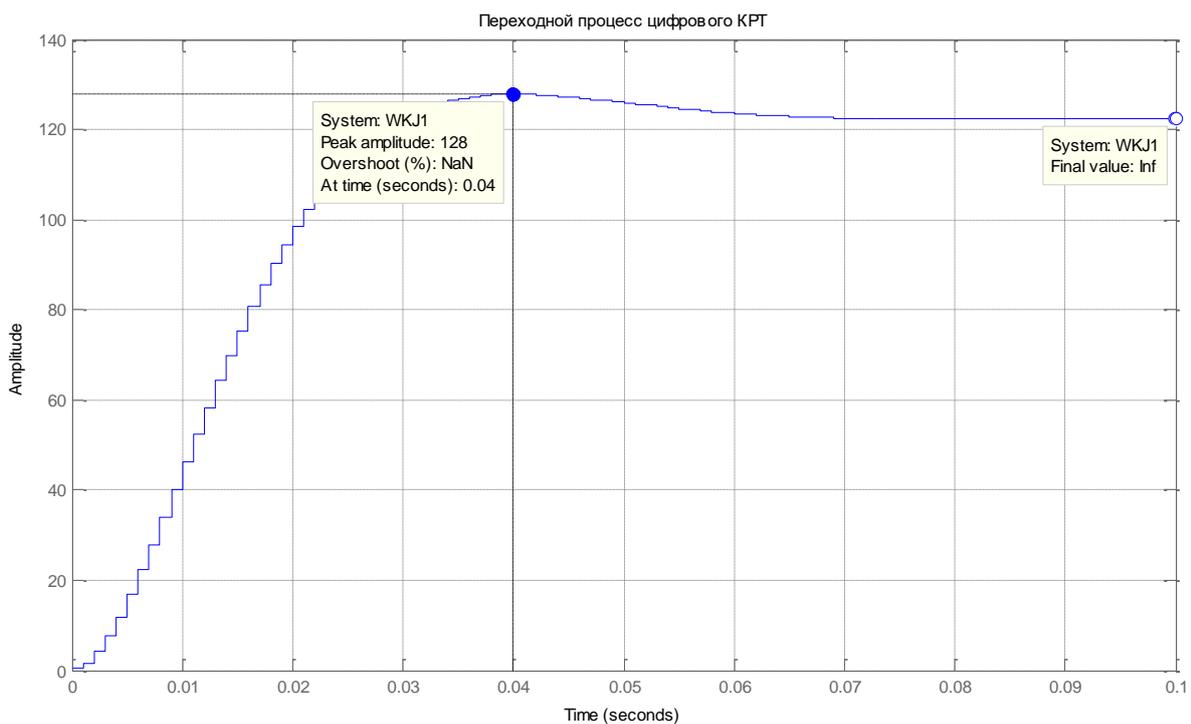


Рисунок 2 – Переходный процесс цифрового контура регулирования тока

Полученные цифровые регуляторы аналогичны непрерывным регуляторам. Особенно при малых значениях времени дискретизации. С увеличением времени дискретизации увеличивается разница от непрерывного регулятора. Что хорошо видно на рисунках 3 и 4.

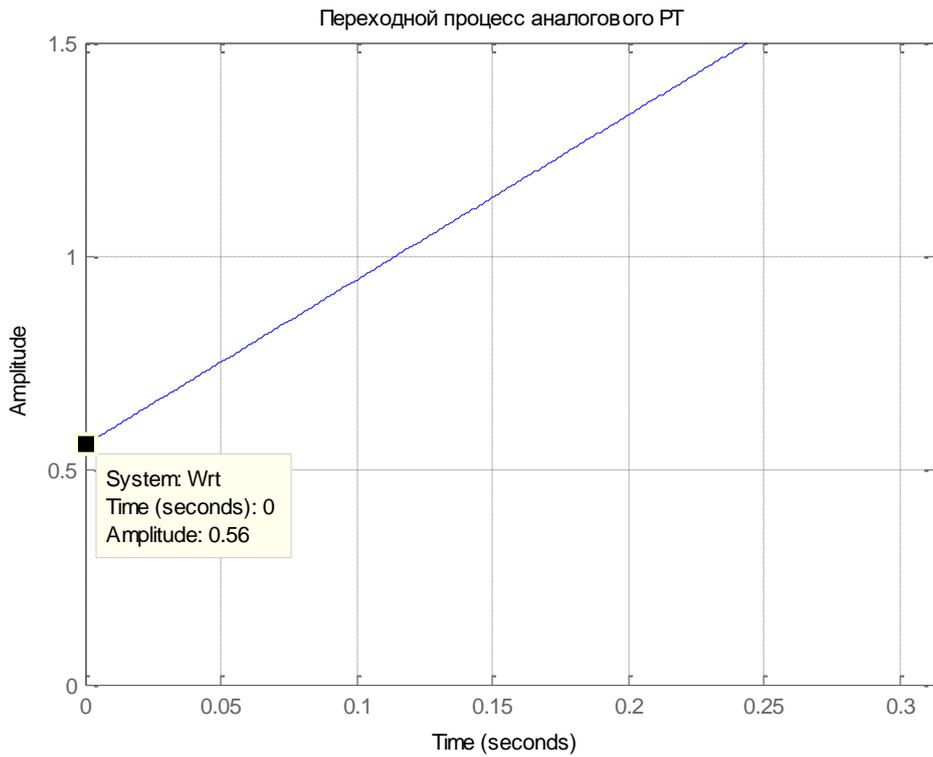


Рисунок 3 – Переходная функция аналогового регулятора

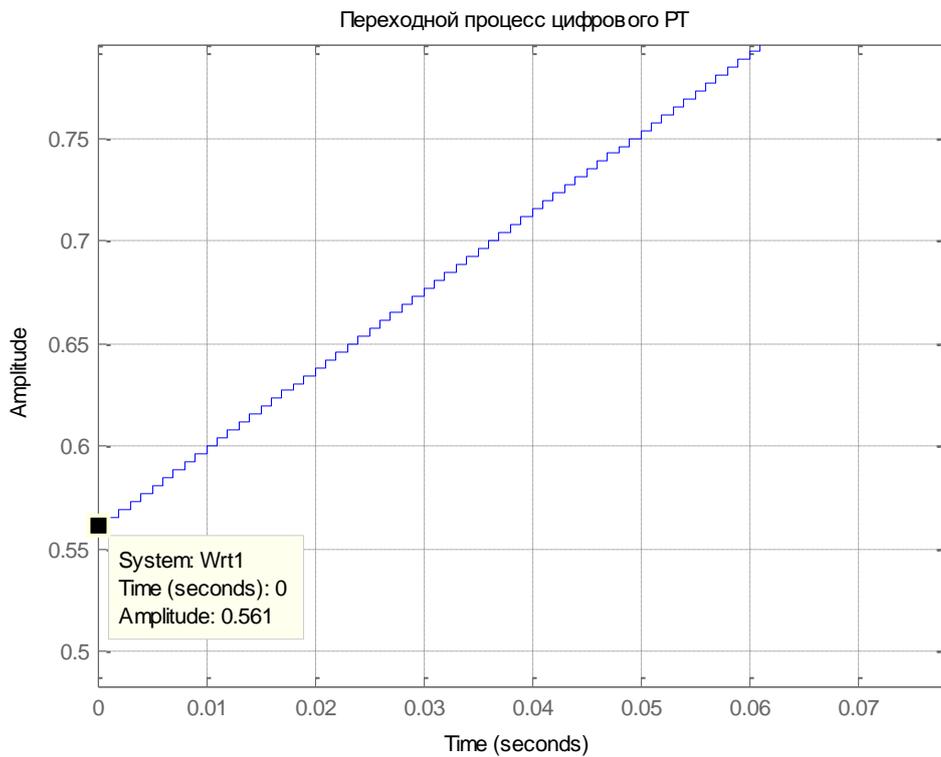


Рисунок 4 – Переходная функция цифрового регулятора

В обоих случаях на графиках показана переходные функции для ПИ-регулятора тока. Небольшая разница в значениях коэффициента усиления регу-

ляторов аналогового и цифрового подтверждает правильность написания программы.

#### **4 Рекомендации по моделированию динамических характеристик электропривода**

Спроектированная система автоматизированного электропривода должна быть собрана в программе Simulink и исследована. Так в курсовом проекте при использовании асинхронного двигателя необходимо построить токи статора и ротора, момент и скорость, а также построить динамическую характеристику двигателя.

Система должна быть исследована по задающему и возмущающим воздействиям. Как правило используют блоки Step и Signal Builder.

Сигналы задания в программе Simulink могут быть смоделированы при стандартного блока Step, в котором может меняться задержка по времени, уровень начального и конечного значения.

Сигналы более сложной формы задаются в блоке Signal Builder. Этот блок позволяет создавать сигналы разнообразной формы: ступенчатые, импульсные и другие.

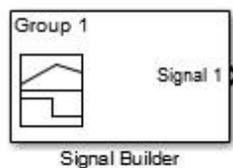


Рисунок 5 - Внешний вид блока Signal Builder

По умолчанию на выходе блока Signal Builder имеется один сигнал прямоугольной формы.

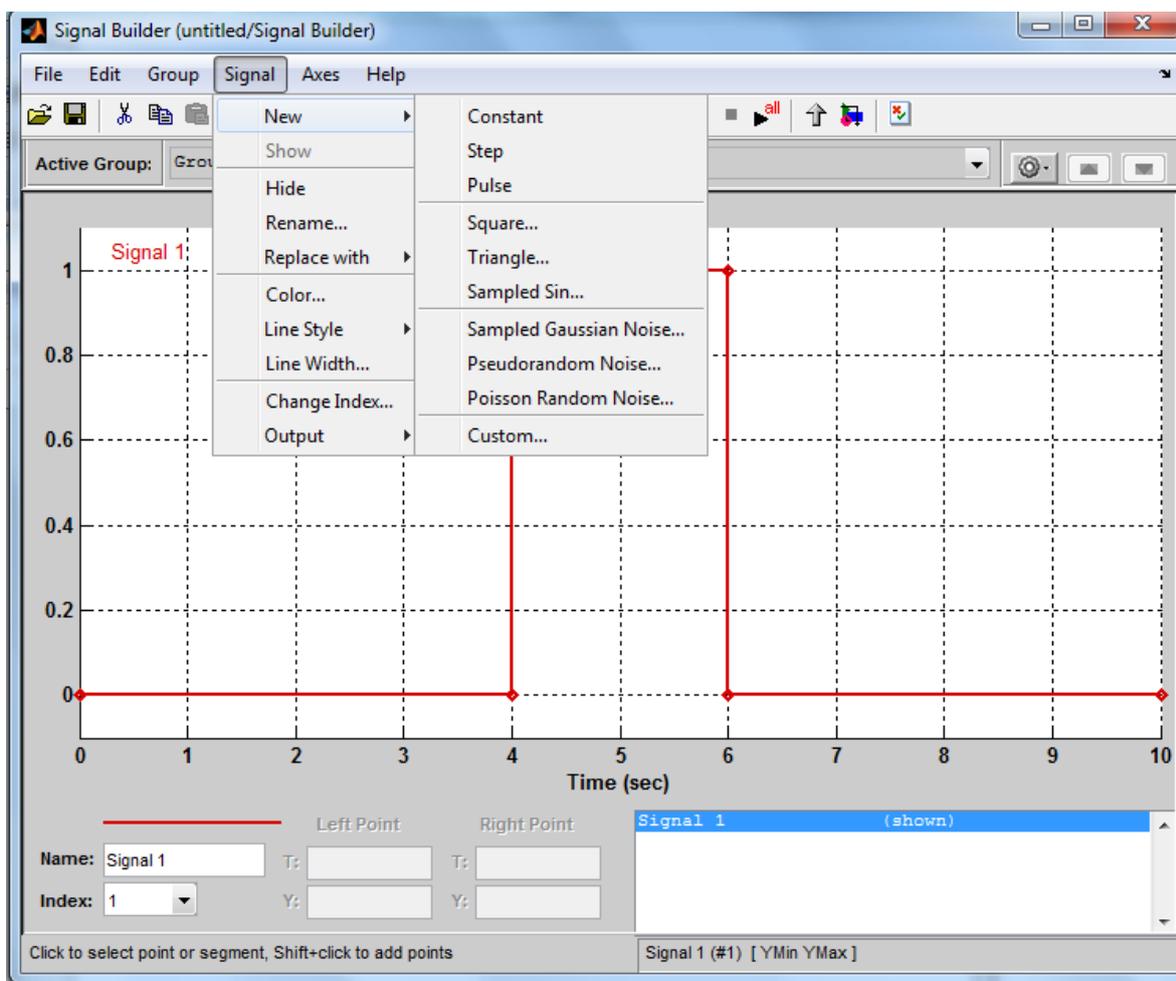


Рисунок 6 - Внешний вид конструктора сигналов Signal Builder

В блоке имеется возможность выполнять сигналы постоянные, в виде шага, импульса, квадратной, треугольной формы, а так же гармонической формы и сигналы в виде шума.

Механическую динамическую характеристику можно построить при помощи блока XY Graph.



Рисунок 7 - Внешний вид блока XY Graph

В параметрах блока можно задавать числовые значения по осям X и Y. Окно XY Graph при запуске модели открывается автоматически.

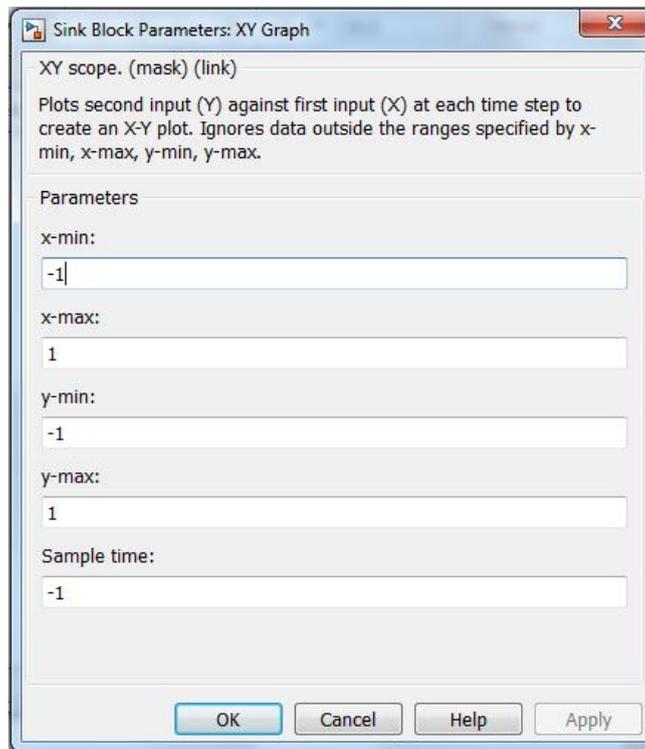


Рисунок 8 - Внешний вид окна параметров блока XY Graph

В блоке XY Graph можно изменять оси графика: X-min, X-max – для оси абсцисс и Y-min, Y-max – для оси ординат.

Графические зависимости из окна Scope и XY Graph редактировать, сохранять и переносить в Microsoft Word если в командное окно MATLABa ввести команды:

```
>> set(0, 'ShowHiddenHandles', 'On')  
set(gcf, 'menubar', 'figure')
```

Пример обработки в окне XY Graph представлен на рисунке 9.

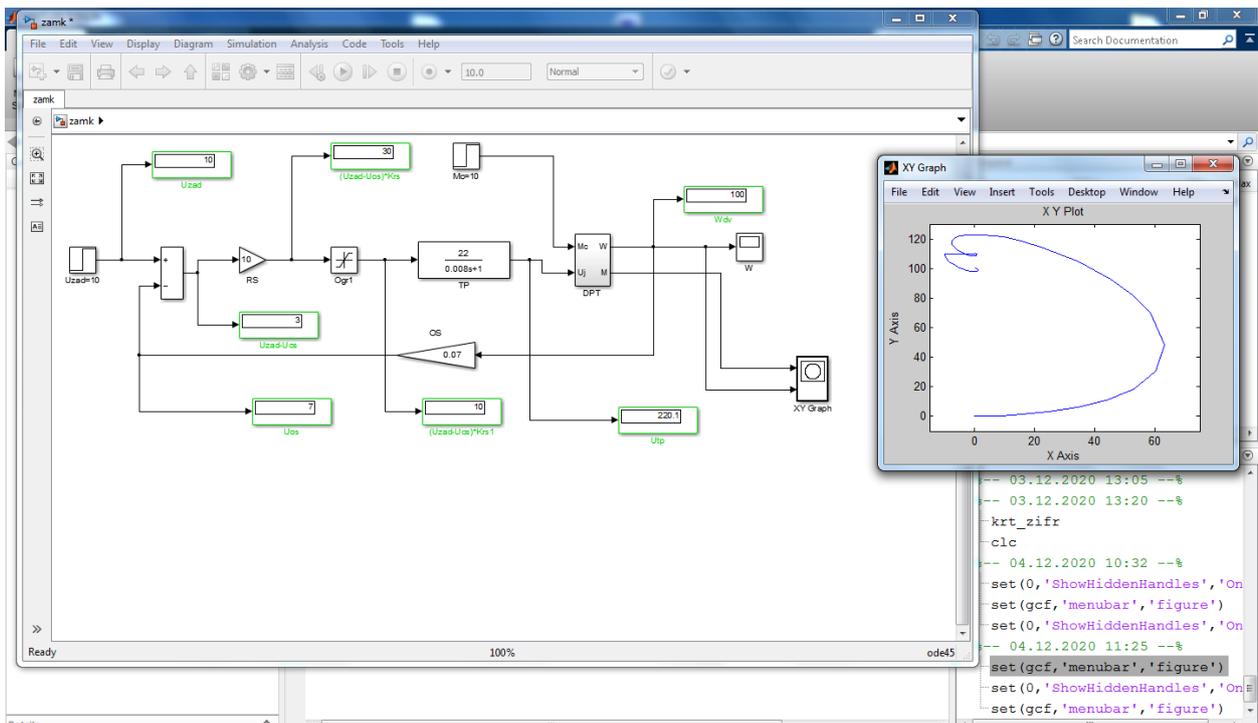


Рисунок 9 – Преобразование окна XY Graph для редактирования, сохранения и редактирования

Варианты систем управления с применением асинхронного двигателя и цифровыми системами управления приведены в [12].

## 5 Рекомендации по проверке правильности выбранного двигателя

Проверка электропривода осуществляется по производительности, по нагреву и по перегрузочной способности. Указанные проверки предварительно выбранного электродвигателя выполняют после моделирования динамических характеристик электропривода.

Проверка правильности выбранного двигателя осуществляется в зависимости от режима работы привода.

Проверку выбранного двигателя по нагреву выполняют по методу эквивалентного тока:

$$I_{\text{пуск эф}} = \sqrt{\frac{I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2 + \dots + I_i^2 \cdot t_i}{\beta_i (t_1 + t_2 + t_i)}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где  $I_1, I_2, I_i$  - среднее значение тока на 1, 2,  $i$  – участках нагрузочной диаграммы;  
 $t_1, t_2, t_i$  - длительность 1, 2,  $i$  - участка;  
 $\beta_i$  - коэффициент ухудшения теплодачи двигателя;

$I_{\text{доп}}$  - допустимый по нагреву ток.

Эквивалентный ток определяется только за время работы.

Допустимый по нагреву ток для повторно-кратковременного режима рассчитывают как:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{ст}} \sqrt{\frac{ПВ_{\text{ст}}}{ПВ_{\text{ф}}}} \quad (3)$$

При проверке двигателей по нагреву превышение эквивалентного тока является недопустимым, недогрузка двигателя в пределах 10...15% считается приемлемой.

При проверке двигателей постоянного тока, работающих с постоянным током проверку по нагреву можно производить по методу эквивалентного момента.

Проверка двигателя на кратковременную перегрузку состоит в сравнении наибольшего значения тока или момента из нагрузочной диаграммы с максимально - допустимым значением тока или момента для выбранного двигателя.

Проверка выбранного двигателя подробно изложена в [7].

## **6 Рекомендации по выполнению презентации по курсовому проекту**

При защите курсового проекта используется презентация, в которой необходимо в краткой форме изложить основное содержание работы. Объем презентации не должен превышать 10-15 слайдов. Презентация представляет собой визуализацию доклада. Содержание презентации представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание презентации к защите курсового проекта

Содержание	Число слайдов
1	2
Название учебного заведения	1
Название дисциплины	
Тема курсового проекта	
ФИО	
Группа обучающегося	
Год защиты	
Цель и задачи исследования	1
Основная часть работы:	6-11

Содержание	Число слай- дов
1	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>– техническая характеристика рабочей машины;</li> <li>– параметры приводного двигателя и элементов силовой части;</li> <li>– структурная схема электропривода;</li> <li>– динамические характеристики</li> </ul>	
Заключение	1
«Спасибо за внимание!»	1

Создание презентаций выполняется в программе PowerPoint из пакета Microsoft Office. Презентация должна иметь белый фон. При создании презентации необходимо избегать темных, кислотных цветов. Стиль презентации должен быть единым, технически грамотным и лаконичным. Вверху каждого слайда должен быть заголовок. Размер шрифта заголовка 28-32, а для текста 18-24. Количество текста на слайде не более 40 слов. Слайды презентации обязательно должны иметь номер. Информация о содержании курсового проекта лучше представлять в схемах и таблицах. На слайдах не рекомендуется нумеровать рисунки и таблицы. Таблицы не должны иметь нумерации колонок. Под рисунками не нужно дублировать название. Все рисунки должны быть выполнены самим обучающимся, но никак не сканированными.

## 7 Примерные вопросы для защиты курсового проекта

- 1) В чем актуальность выбора темы по проектированию электропривода данной рабочей машины?
  - 1) Перечислите элементы кинематической схемы привода.
  - 2) Чем отличается предложенное вами схемное решение от существующих электроприводов?
  - 3) Каким программным обеспечением вы пользовались при создании работы?
  - 4) Как по передаточным функциям определить, что система является астатической?
  - 5) Какими достоинствами обладает интегральный канал в регулятор?
  - 6) Как изменяется квантованный сигнал при увеличении времени дискретизации?
  - 7) Как построить передаточную функцию, соответствующую разностному уравнению?
  - 8) Как выполняют Z-преобразование?

- 9) Что такое перерегулирование?
- 10) Как выполнить моделирование дискретный сигнал по заданному изображению?
- 11) По каким критериям выполняют оптимизацию цифрового регулятора?

## 8 Список рекомендуемой литературы

- 1 Автоматизированный электропривод промышленных установок. Под ред. Онищенко Г. Б. - Москва: РАСХН, 2001. - 520 с.
- 2 Аракелян А. К., Афанасьев А. А. Вентильные электрические и двигатели и регулируемый электропривод: В 2 кн. Кн.1: Вентильные электрические машины. - Москва: Энергоатомиздат, 1997. - 509 с.
- 3 Аракелян А. К., Афанасьев А. А. Вентильные электрические и двигатели и регулируемый электропривод: В 2 кн. Кн. 2: Регулируемый электропривод с вентильным двигателем. - Москва: Энергоатомиздат, 1997. - 498 с.
- 4 Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. - Москва : Издательский центр «Академия», 2004. - 576 с.
- 5 Буканова Т. С. Моделирование систем управления : учебное пособие / Т. С. Буканова, М. Т. Алиев. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2017. - 144 с. - ISBN 978-5-8158-1899-6. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483694>
- 6 Данилов П. Е. Теория электропривода : учебное пособие / П. Е. Данилов, В. А. Барышников, В. В. Рожков. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. - 416 с. - ISBN 978-5-4475-9457-2. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480141>
- 7 Ключев В. И. Теория электропривода. - Москва : Энергоатомиздат, 1998.- 704 с.
- 8 Ключев В. И., Терехов В. М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. - Москва : Высшая школа, 1980. - 360 с.
- 9 Никитенко Г. В. Электропривод производственных механизмов : учебное пособие / Г. В. Никитенко - Ставрополь : Агрус, 2012. - 240 с. - ISBN 978-5-9596-0778-4. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277520>
- 10 Перельмутер В. М., Сидоренко В. А. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока. - Москва: Энергоатомиздат, 1988. - 304 с.
- 11 Сафонов Ю. М. Электроприводы промышленных роботов. - Москва: Энергоатомиздат, 1990. -176 с.

12 Терехин В. Б. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink : учебное пособие / В. Б. Терехин, Ю. Н. Дементьев. - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2015. - 307 с. - ISBN 978-5-4387-0558-1. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442809>

13 Усынин Ю. С. Системы управления электроприводов: Учебное пособие. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. - 358 с.

14 Чернышев А. Ю. Электропривод переменного тока : учебное пособие / А. Ю. Чернышев, Ю. Н. Дементьев. - 2-е изд. - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2015. - 210 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442089>

15 Электротехнический справочник /Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. - Москва: Издательство МЭИ, 1995.

**Приложение А**  
**Пример оформления задания на курсовой проект**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»  
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Факультет Metallургических технологий  
Кафедра Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Р.Е. Мажирина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ: «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТИПОВЫХ**  
**ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ»**

Обучающемуся группы ЭП-16-43

Иванову Петру Сергеевичу

1. Тема курсового проекта «Автоматизированный электропривод токарного станка»
2. Исходные данные тип станка 16К20, тип главного двигателя АО2-52-4Ф, преобразователь частоты SiemensMicromaster 420.
3. Основная литература 1) Автоматизированный электропривод промышленных установок. Под ред. Онищенко Г. Б. - Москва : РАСХН, 2001. - 520 с . 2) Соколовский, Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для вузов. – Москва : Издательский центр «Академия», 2007. - 272 с .

4. План выполнения курсового проекта

Название разделов работы	Сроки	Форма промежуточной отчетности
1. Описание рабочей машины	25.02.20XX	Электронный вариант
2. Синтез системы управления		
3. Расчет статических характеристик электропривода	26.02.20XX- 30.03.20XX	Электронный и распечатанный вариант
4. Расчет динамических характеристик		
5. Проверка правильности выбора двигателя		

5. Руководитель работы \_\_\_\_\_ зав. кафедрой, доцент, к.пед.н. Мажирина Р.Е.

Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_ Иванов П.С.

## Приложение Б

### Варианты заданий на курсовой проект

#### Вариант 1: «Автоматизированный электропривод тяжелого токарного станка 1А681»

##### Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, м	4,0	Диапазон регулирования скорости вращения шпинделя, об/мин	0,65...80
Расстояние между центрами, м	20	Пределы продольных подач суппорта, мм/об	0,1...26
Наибольший вес обрабатываемого изделия, т	160	Скорость вращения главного двигателя, об/мин	300...1500
Наибольший крутящий момент на шпинделе, кН·М	350		

##### Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_n = 380 \text{ В}$ ,  $f_c = 50 \text{ Гц}$ .
2. Требуемая точность поддержания скорости в замкнутой системе 0,1%.
3. Род тока приводного двигателя – переменный.
4. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

#### Вариант 2: «Автоматизированный электропривод тяжелого токарного станка 1А660»

##### Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, м	1,25	Диапазон регулирования скорости вращения шпинделя, об/мин	1,6...200
Расстояние между центрами, м	6,3	Пределы продольных подач суппорта, мм/об	0,06...3,3
Наибольший вес обрабатываемого изделия, т	25	Скорость вращения главного двигателя, об/мин	300...1200
Наибольший крутящий момент на шпинделе, кН·М	80		

##### Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_{л} = 380 \text{ В}$ ,  $f_c = 50 \text{ Гц}$ .
2. Требуемая точность поддержания скорости в замкнутой системе 0,1%.
3. Род тока приводного двигателя – переменный.
4. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

**Вариант 3: «Автоматизированный электропривод подачи тяжелого-токарного станка 1А681»**

Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, м	4,0	Диапазон регулирования скорости вращения шпинделя, об/мин	0,65...80
Расстояние между центрами, м	20	Пределы продольных подач суппорта, мм/об	0,1...26
Наибольший вес обрабатываемого изделия, т	160	Скорость вращения главного двигателя, об/мин	300...1500
Наибольший крутящий момент на шпинделе, кН·М	350		

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_{л} = 380 \text{ В}$ ,  $f_c = 50 \text{ Гц}$ .
2. Требуемая точность поддержания скорости в замкнутой системе 0,1%.
3. Род тока приводного двигателя – переменный.
4. Основные регулируемые координаты: ток, скорость, положение.

**Вариант 4: «Автоматизированный электропривод подачи тяжелого токарного станка 1А660»**

Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, м	1,25	Диапазон регулирования скорости вращения шпинделя, об/мин	1,6...200
Расстояние между центрами, м	6,3	Пределы продольных подач суппорта, мм/об	0,06...3,3
Наибольший вес обрабатываемого изделия, т	25	Скорость вращения главного двигателя, об/мин	300...1200
Наибольший крутящий момент на шпинделе, кН·М	80		

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_n = 380 \text{ В}$ ,  $f_c = 50 \text{ Гц}$ .
2. Требуемая точность поддержания скорости в замкнутой системе  $0,1\%$ .
3. Род тока приводного двигателя – переменный.
4. Основные регулируемые координаты: ток, скорость, положение

### Вариант 5: «Автоматизированный электропривод вертикального станка ОС-401А»

Станок предназначен для глубокого сверления и растачивания центральных отверстий полых валов и труб. При обработке обрабатываемая деталь вращается.

#### Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Размеры сверления, мм: – диаметр – наибольшая глубина	6...12 300	Размеры рабочей поверхности стола, мм	400x320
Ход шпинделя инструмента, мм	320	Вертикальное перемещение стола, мм	350
Частота вращения, об/мин – шпинделя детали – инструмента	450...2700 50	Рабочая подача инструмента, мм/мин	55-600

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_n = 380 \text{ В}$ ,  $f_c = 50 \text{ Гц}$ .
2. Требуемая точность поддержания скорости в замкнутой системе  $0,1\%$ .
3. Род тока приводного двигателя – переменный.
4. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

### Вариант 6 : «Проектирование электропривода подъема экскаватора ЭКГ-8»

#### Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Вместимость ковша, $\text{м}^3$	8	Скорость подъема ковша, м/с	0,94
Длина стрелы, м	13,35	Скорость напора, м/с	0,41
Длина рукояти, м	11,43	Частота вращения платформы, об/с	0,0464
Радиус черпания, м, не	18,4	Скорость передвижения,	0,42

более		км/ч	
Высота черпания, м, не более	13,5	Тяговое усилие хода, кН	1800
Радиус разгрузки, м, не более	16,3	Среднее давление на грунт, МПа	0,204
Усилие на блоке ковша, кН	800	Масса, м	370
Усилие напора, кН	400	Время цикла при угле поворота 90°, с	26

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_{л} = 6$  к В,  $f_{с} = 50$  Гц.
2. Тип приводного двигателя – вентильный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

### Вариант 7: «Автоматизированный электропривод напора экскаватора ЭКГ-8»

#### Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	8	Скорость подъема ковша, м/с	0,94
Длина стрелы, м	13,35	Скорость напора, м/с	0,41
Длина рукояти, м	11,43	Частота вращения платформы, об/с	0,0464
Радиус черпания, м, не более	18,4	Скорость передвижения, км/ч	0,42
Высота черпания, м, не более	13,5	Тяговое усилие хода, кН	1800
Радиус разгрузки, м, не более	16,3	Среднее давление на грунт, МПа	0,204
Усилие на блоке ковша, кН	800	Масса, м	370
Усилие напора, кН	400	Время цикла при угле поворота 90°, с	26

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_{л} = 6$  к В,  $f_{с} = 50$  Гц.
2. Тип приводного двигателя – вентильный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

**Вариант 8: «Автоматизированный электропривод подъема экскаватора ЭКГ-12,5»**

Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	12,5	Скорость подъема ковша, м/с	1,1
Длина стрелы, м	18	Скорость напора, м/с	0,61
Длина рукояти, м	13,6	Частота вращения платформы, об/с	0,0464
Радиус черпания, м, не более	22,6	Скорость передвижения, км/ч	0,43
Высота черпания, м, не более	15,6	Тяговое усилие хода, кН	4600
Радиус разгрузки, м, не более	20	Среднее давление на грунт, МПа	0,2
Усилие на блоке ковша, кН	1250	Масса, м	660
Усилие напора, кН	600	Время цикла при угле поворота 90°, с	28

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_n = 6$  кВ,  $f_c = 50$  Гц.
2. Род тока приводного двигателя – переменный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

**Вариант 9: «Автоматизированный электропривод напора экскаватора ЭКГ-12,5»**

Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	12,5	Скорость подъема ковша, м/с	1,1
Длина стрелы, м	18	Скорость напора, м/с	0,61
Длина рукояти, м	13,6	Частота вращения платформы, об/с	0,0464
Радиус черпания, м, не более	22,6	Скорость передвижения, км/ч	0,43
Высота черпания, м, не более	15,6	Тяговое усилие хода, кН	4600
Радиус разгрузки, м, не более	20	Среднее давление на грунт, МПа	0,2

Усилие на блоке ковша, кН	1250	Масса, м	660
Усилие напора, кН	600	Время цикла при угле поворота 90°, с	28

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_n = 6$  к В,  $f_c = 50$  Гц.
2. Род тока приводного двигателя – переменный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

### Вариант 10: «Автоматизированный электропривод подъема экскаватора ЭКГ-4»

#### Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	4	Скорость подъема ковша, м/с	1,36
Длина стрелы, м	20,6	Скорость напора, м/с	0,61
Длина рукояти, м	15	Частота вращения платформы, об/с	0,0464
Радиус черпания, м, не более	23,7	Скорость передвижения, км/ч	0,42
Высота черпания, м, не более	22	Тяговое усилие хода, кН	1800
Радиус разгрузки, м, не более	22,14	Среднее давление на грунт, МПа	0,196
Усилие на блоке ковша, кН	450	Масса, м	367
Усилие напора, кН	270	Время цикла при угле поворота 90°, с	30

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_n = 6$  к В,  $f_c = 50$  Гц.
2. Род тока приводного двигателя – переменный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

## Вариант 11: «Автоматизированный электропривод напора экскаватора ЭКГ-4»

### Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	4	Скорость подъема ковша, м/с	1,36
Длина стрелы, м	20,6	Скорость напора, м/с	0,61
Длина рукояти, м	15	Частота вращения платформы, об/с	0,0464
Радиус черпания, м, не более	23,7	Скорость передвижения, км/ч	0,42
Высота черпания, м, не более	22	Тяговое усилие хода, кН	1800
Радиус разгрузки, м, не более	22,14	Среднее давление на грунт, МПа	0,196
Усилие на блоке ковша, кН	450	Масса, м	367
Усилие напора, кН	270	Время цикла при угле поворота 90°, с	30

### Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети  $U_n = 6 \text{ кВ}$ ,  $f_c = 50 \text{ Гц}$ .
2. Род тока приводного двигателя – переменный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

## Вариант 12: «Автоматизированный электропривод рольганга ножниц»

Рольганг ножниц служит для перемещения заготовки, установки ее для пореза на заданной отметке. Заготовка длиной  $L$  подается на рольганг транспортером. Рольганг запускается, перемещает заготовку на длину  $L/2$  и останавливается. Рез заготовки ножницами происходит при неподвижном рольганге. Отрезанная часть снимается. После этого рольганг запускается вторично, перемещая оставшуюся часть заготовки за ножницы, откуда она снимается с рольганга. Затем цикл повторяется. Для точной установки заготовки перед порезом перемещение полной заготовки осуществляют при пониженной скорости, а перемещение оставшейся части – при скорости транспортирования.

### Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Число роликов, шт.	16	Жесткость рабочего вала, МН·м/рад	2,0
Масса ролика, т	1,2	Длина заготовки, м	20
Диаметр ролика, м	0,5	Масса заготовки, т	7,5
Диаметр цапфы, мм	150	Скорость рабочего хода, м/с	1,4
Коэффициент трения скольжения	0,05	Скорость транспортирования, м/с	1,8
Коэффициент трения качения, мм	1,5	Допустимое ускорение, м/с <sup>2</sup>	1,4
Момент инерции ролика, кг·м <sup>2</sup>	24	Суммарное время работы не более, с	20
Момент инерции продольного вала, кг·м <sup>2</sup>	5	Число циклов в час	70

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети 380 В, 50 Гц.
2. Род тока приводного двигателя – переменный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

### **Вариант 13: «Автоматизированный электропривод рольганга ножниц»**

Рольганг ножниц служит для перемещения заготовки, установки ее для пореза на заданной отметке. Заготовка длиной  $L$  подается на рольганг транспортером. Рольганг запускается, перемещает заготовку на длину  $L/2$  и останавливается. Рез заготовки ножницами происходит при неподвижном рольганге. Отрезанная часть снимается. После этого рольганг запускается вторично, перемещая оставшуюся часть заготовки за ножницы, откуда она снимается с рольганга. Затем цикл повторяется. Для точной установки заготовки перед порезом перемещение полной заготовки осуществляют при пониженной скорости, а перемещение оставшейся части – при скорости транспортирования.

### Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Число роликов, шт.	12	Жесткость рабочего вала, МН·м/рад	0,8
Масса ролика, т	1,0	Длина заготовки, м	16
Диаметр ролика, м	0,4	Масса заготовки, т	7,0
Диаметр цапфы, мм	140	Скорость рабочего хода, м/с	1,4

		м/с	
Коэффициент трения скольжения	0,06	Скорость транспортирования, м/с	1,9
Коэффициент трения качения, мм	1,5	Допустимое ускорение, м/с <sup>2</sup>	2,0
Момент инерции ролика, кг·м <sup>2</sup>	20	Суммарное время работы не более, с	17
Момент инерции продольного вала, кг·м <sup>2</sup>	4	Число циклов в час	80

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети 380 В, 50 Гц.
2. Род тока приводного двигателя – переменный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, скорость, положение.

#### **Вариант 14: «Автоматизированный электропривод грузового лифта»**

Грузовой лифт предназначен для подъема груза с нижней площадки на верхнюю. Вниз лифт спускается без груза.

Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Грузоподъемность, т	5,0	Скорость подъема клетки, м/с	0,6
Масса клетки, т	7,5	Скорость опускания, м/с	1,0
Масса противовеса, т	10,2	Допустимое ускорение, м/с <sup>2</sup>	1,0
Диаметр канатопроводящего шкива, м	1,0	Число циклов в час	40
Линейная жесткость механизма, МН/м	110	Суммарное время работы, не более	22
Высота подъема клетки, м	6		

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети 380 В, 50 Гц.
2. Род тока приводного двигателя – переменный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

#### **Вариант 15: «Автоматизированный электропривод грузового лифта»**

Грузовой лифт предназначен для подъема груза с нижней площадки на верхнюю. Вниз лифт спускается без груза.

Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Грузоподъемность, т	0,75	Скорость подъема клетки, м/с	1,2
Масса клетки, т	1,5	Скорость опускания, м/с	2,0
Масса противовеса, т	1,8	Допустимое ускорение, м/с <sup>2</sup>	2,0
Диаметр канатопроводящего шкива, м	1,0	Число циклов в час	60
Линейная жесткость механизма, МН/м	25	Суммарное время работы, не более	19
Высота подъема клетки, м	10,0		

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети 380 В, 50 Гц.
2. Род тока приводного двигателя – переменный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, скорость.

### **Вариант 16: «Автоматизированный электропривод центробежной насосной установки»**

Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Производительность насоса, м <sup>3</sup> /час	160	Число оборотов колеса, об/мин	2920
Напор, м	65	КПД насоса	0,8
Рабочий интервал подач, м <sup>3</sup> /ч	140÷180	Род жидкости	Вода, t=25°C
Потеря напора, м	1	Момент инерции колеса, кг·м <sup>2</sup>	2,3

Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети 380 В, 50 Гц.
2. Род тока приводного двигателя – переменный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, производительность.

## Вариант 17: «Автоматизированный электропривод центробежной насосной установки»

### Исходные данные

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Производительность насоса, м <sup>3</sup> /час	800-1000	КПД насоса	0,78
Напор, м	204-185	Род жидкости	Вода, t=25°C
Потеря напора, м	2,0	Момент инерции колеса, кг·м <sup>2</sup>	375
Число оборотов колеса, об/мин	1450		

### Дополнительные условия и требования:

1. Параметры питающей сети 6000 В, 50 Гц.
2. Род тока приводного двигателя – переменный.
3. Основные регулируемые координаты: ток, производительность.

МАЖИРИНА РАИСА ЕВГЕНЬЕВНА

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТИПОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания  
по выполнению курсового проекта  
для обучающихся направления подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
очной и заочной форм обучения

Подписано в печать 16.12.2020 г.		
Формат 60x90 $\frac{1}{16}$ Рег. № 216	Печать цифровая Тираж 10 экз.	Уч.-изд.л. 2,375

ФГАОУ ВО  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
Новотроицкий филиал  
462359, Оренбургская обл.. г. Новотроицк. ул. Фрунзе, 8  
E-mail: [nf@misis.ru](mailto:nf@misis.ru)  
Контактный тел.: 8(3537)679729



