СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....2
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....3
2 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....5
3 НАСТРОЙКА КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКА.....6
4 НАСТРОЙКА КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ.....8
5 Настройка контура регулирования тока с помощью программы MATLAB.....9
6 Настройка контура регулирования скорости с помощью программы MATLAB.....13
7 Исследование переходного процесса наброса нагрузки.....17
8. Механические характеристики двигателя.....20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....21
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....22

ВВЕДЕНИЕ

Одной и главных проблем металлорежущих станков и других производственных машин является регулирование скорости.

Продолжительное время эти проблемы решали механическим путем: применяли коробки скоростей в приводе главного движения и коробки подач с перемещаемыми блоками шестерен в сочетании с нерегулируемым ЭД. Но у этого метода есть несколько существенных недостатков: ограниченное число ступеней переключения, трудоемкость изготовления, невозможность автоматизации процесса регулирования скорости.

Чаще всего, регулирование скорости осуществляется электрическим методом. Использование регулируемого электропривода позволяет изменять скорость перемещения исполнительного органа станка в соответствии с управляющим воздействием, вырабатываемым системой программного управления. Регулирование производится независимо от сил сопротивления, которые действуют на электромеханическую систему привода.

Целью данной работы является освоение методики анализа и синтеза замкнутых электроприводов преобразователь-двигатель с использованием аппроксимированных ЛАЧХ.

Исходными данными к курсовому проекту являются паспортные данные двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Результатом работы является устойчивая, построенная на максимальное быстродействие замкнутая система электропривода с двумя контурами:

1. Внутренний контур регулирования тока (КРТ).

2. Внешний контур регулирования скорости(КРС).

Каждый контур имеет по одному регулятору. Соответственно регулятор тока (РТ) и регулятор скорости (РС). В качестве регулятора выбираются изодромные звенья (ПИ – регулятор).

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Согласно варианту задания на курсовую работу имеем следующие паспортные данные двигателя постоянного тока независимого возбуждения (Таблица 1):

Таблица 1 – Исходные данные двигателя

Наименование	Значение
Тип	Д818
Мощность $P_н$, кВт	100
Напряжение на якоре $U_н$, В	440
Номинальный ток якоря $I_н$, А	205
Скорость вращения вала номинальная $n_н$, об/мин	470
Сопротивление якорной цепи $R_{ян}$, Ом	0,026
Момент инерции якоря J, кг·м^2	27,5
Число полюсов 2р	4

Кроме того, известны параметры тиристорного преобразователя:

• постоянная времени преобразователя **$T_п$=0,01 с**;

• время чистого запаздывания тиристорного преобразователя (его системы импульсно-фазового управления) **τ = 0,0033 с**.

При расчете параметров звеньев двигателя будем округлять полученные значения:

$T_я$ (постоянная времени якорной цепи) будем рассчитывать с точностью до одной сотой доли секунды;

$T_д$ (механическая постоянная времени двигателя) – до одной десятой доли секунды;

$K_я$ (коэффициент тока короткого замыкания якорной цепи) – до целого значения.

$$\omega_н = \frac{\pi \cdot n_н}{30} \approx \frac{3{,}14 \cdot 470}{30} \approx 49{,}2\ c^{-1}$$ – номинальная угловая скорость двигателя;

$$T_я = \frac{L_я}{R_{ян}} = \frac{0{,}013}{0{,}026} \approx 0{,}5\ c$$ – постоянная времени якорной цепи,

где:

$$L_я = \frac{0{,}6 \cdot U_н}{p \cdot \omega_н \cdot I_н} = \frac{0{,}6 \cdot 440}{2 \cdot 49{,}2 \cdot 205} \approx 0{,}013\ Гн$$ – индуктивность обмотки якоря;

$K_я = \frac{U}{R_{ян} \cdot I_н} = \frac{440}{0{,}026 \cdot 205} \approx 83$ – коэффициент тока к.з. якорной цепи;

$M_н = \frac{P}{\omega_н} = \frac{10^5}{49{,}2} \approx 2033\ Н \cdot м$ – номинальный момент двигателя;

$k\Phi_н = \frac{U - I_н \cdot R_{ян}}{\omega_н} = \frac{440 - 205 \cdot 0{,}026}{49{,}2} \approx 8{,}83\ В \cdot с$ – коэффициент магнитного потока;

$\omega_{0.н} = \frac{U_н}{k\Phi_н} = \frac{440}{8{,}83} \approx 49{,}8\ с^{-1}$ – скорость идеального холостого хода;

$T_д = J \cdot \frac{\omega_{0.н}}{M_н} = 27{,}5 \cdot \frac{49{,}8}{2033} \approx 0{,}7\ с$ – механическая постоянная времени.

Таким образом, параметры двигателя как элемента САУ:

$T_я = 0{,}5\ с;\ K_я = 83;\ T_д = 0{,}7\ с.$

2 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Составляем стандартную схему подчиненного регулирования электропривода:

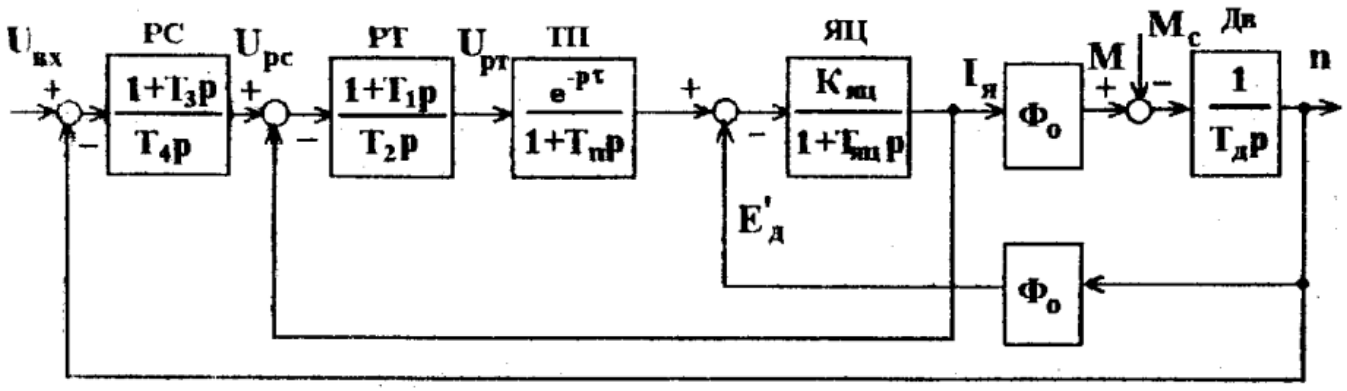

Рисунок 1 – Структурная схема подчиненной САУ двигателя

В представленной структуре приведены следующие звенья:

РС — регулятор скорости;

РТ – регулятор тока;

ТП – тиристорный преобразователь;

ЯЦ – якорная цепь двигателя;

ДВ – механическая часть двигателя;

В структуре также указаны следующие переменные:

$U_{вх}$ – входное напряжение САУ (напряжение задания скорости);

$U_{рс}$ – напряжение на выходе регулятора скорости;

$U_{рт}$ – напряжение на выходе регулятора тока;

$E_п$ – ЭДС преобразователя (выходное напряжение);

$E_д$ – противо-ЭДС двигателя;

$I_я$ – ток якоря;

M – момент двигателя;

$M_с$ – момент нагрузки;

n – скорость двигателя.

3 НАСТРОЙКА КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКА

По рассчитанным параметрам двигателя составляем структурную схему

двигателя (Рис. 2).

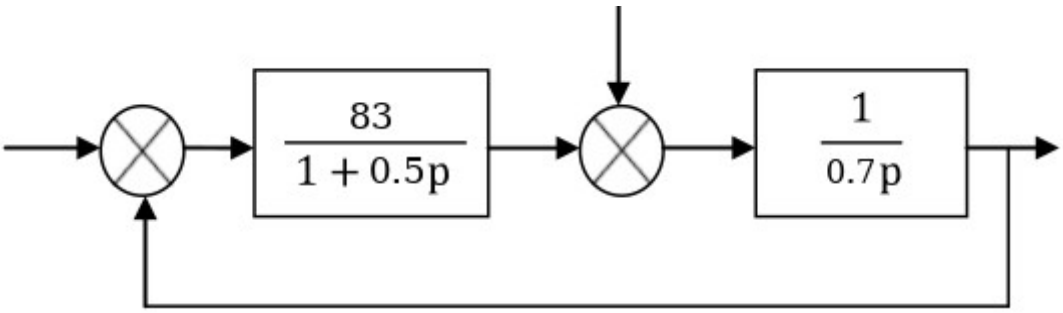

Рисунок 2 – Структурная схема якорной цепи двигателя

Далее делаем упрощение исходной структурной схемы. Упрощение заключается в том, что звено чистого запаздывания заменяется инерционным звеном: $e^{-p\tau} \approx \frac{1}{1+\tau p}$, а тиристорный преобразователь на структурной схеме представляется в виде последовательного соединения двух звеньев: $\frac{1}{1+\tau p} \cdot \frac{1}{1+T_n p}$.

Предварительную настройку регулятора делают по упрощенной схеме:

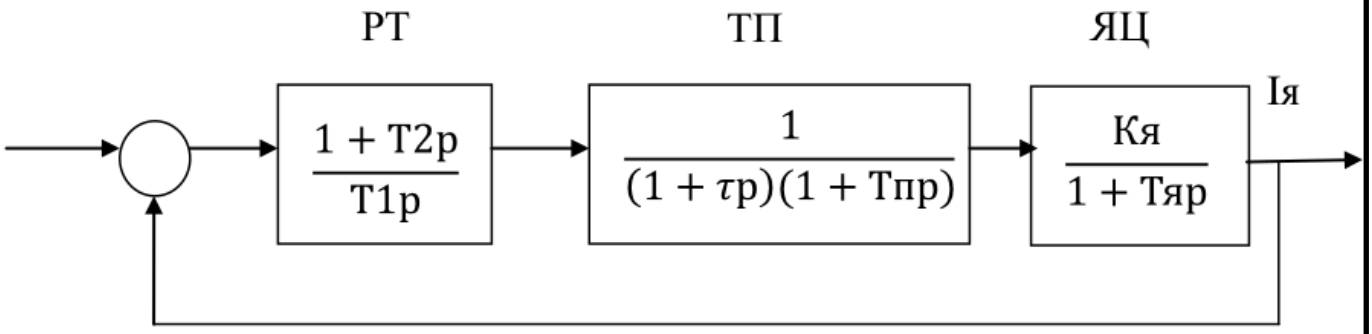

Рисунок 3 – Упрощенная структурная схема контура регулирования тока

Приближенно параметры регулятора тока вычисляются по правилу технического оптимума:

$T_{РТ}=(2...4)\cdot(T_п+\tau)=2\cdot(0{,}01+0{,}0033)=0{,}0266\approx 0{,}03\ c$ – постоянная времени контура регулирования тока;

$T_1=K_я\cdot T_{РТ}=83\cdot 0{,}03=2{,}49\ c;\ T_2=T_я=0{,}5\ c;\ k=\frac{T_2}{T_1}=\frac{0{,}5}{2{,}49}\approx 0{,}2\ c.$

4 НАСТРОЙКА КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ

Параметры регулятора скорости определяются по упрощенной структурной схеме по правилу симметричного оптимума. Для этого сначала упрощают структурную схему к следующему виду:

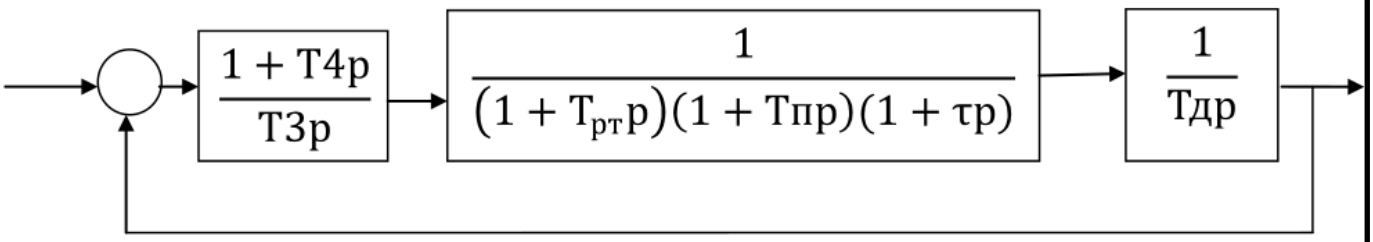

Рисунок 4 – Структурная схема контура регулирования скорости

$T_{PC} \approx (2...4) \cdot (T_{PT} + T_{П} + \tau) = 3{,}2 \cdot (0{,}03 + 0{,}01 + 0{,}0033) = 0{,}1386 \approx 0{,}14\ c$ – вспомогательная постоянная времени контура регулирования скорости;

$K_{PC} \approx \frac{T_{д}}{T_{PC}} = \frac{0{,}7}{0{,}14} \approx 5{,}0$ – коэффициент регулятора скорости;

$\omega_{сопр} = \frac{1}{T_4} = \frac{\omega_c}{2...4} = \frac{1}{(2...4) \cdot T_{PC}} = \frac{1}{3{,}5 \cdot 0{,}14} \approx 2\ c^{-1}$;

$T_4 = \frac{1}{\omega_{сопр}} = \frac{1}{2} \approx 0{,}5\ c$;

$T_3 = \frac{T_4}{K_{PC}} = \frac{0{,}5}{5{,}0} \approx 0{,}1\ c$.

5 Настройка контура регулирования тока с помощью программы MATLAB

Используя программу MATLAB, подбираем параметры регулятора тока, используя исходную структурную схему контура регулирования тока.

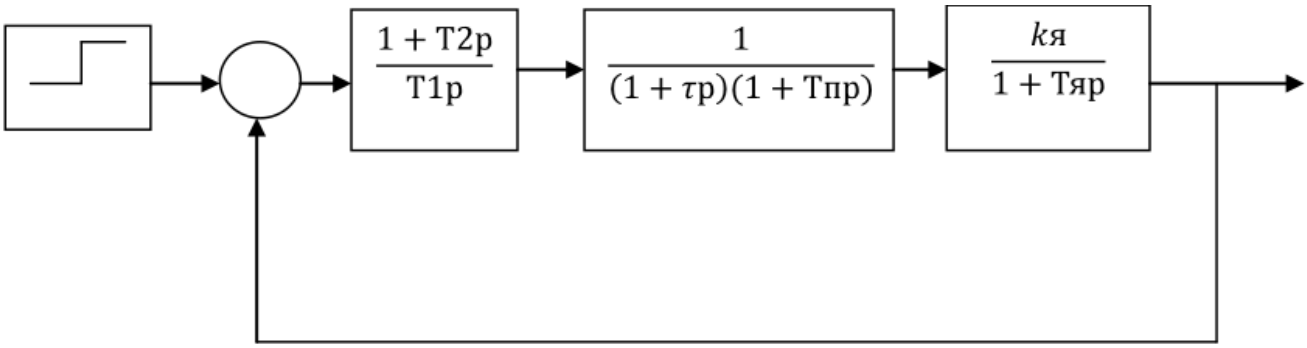

Рисунок 5 – Структурная схема контура регулирования тока

Для проверки устойчивости системы (контура регулирования тока) воспользуемся критерием Найквиста – построим логарифмические амплитудные (ЛАЧХ) и фазовые (ЛФЧХ) характеристики разомкнутого контура тока (рис. 6 и 7 соответственно).

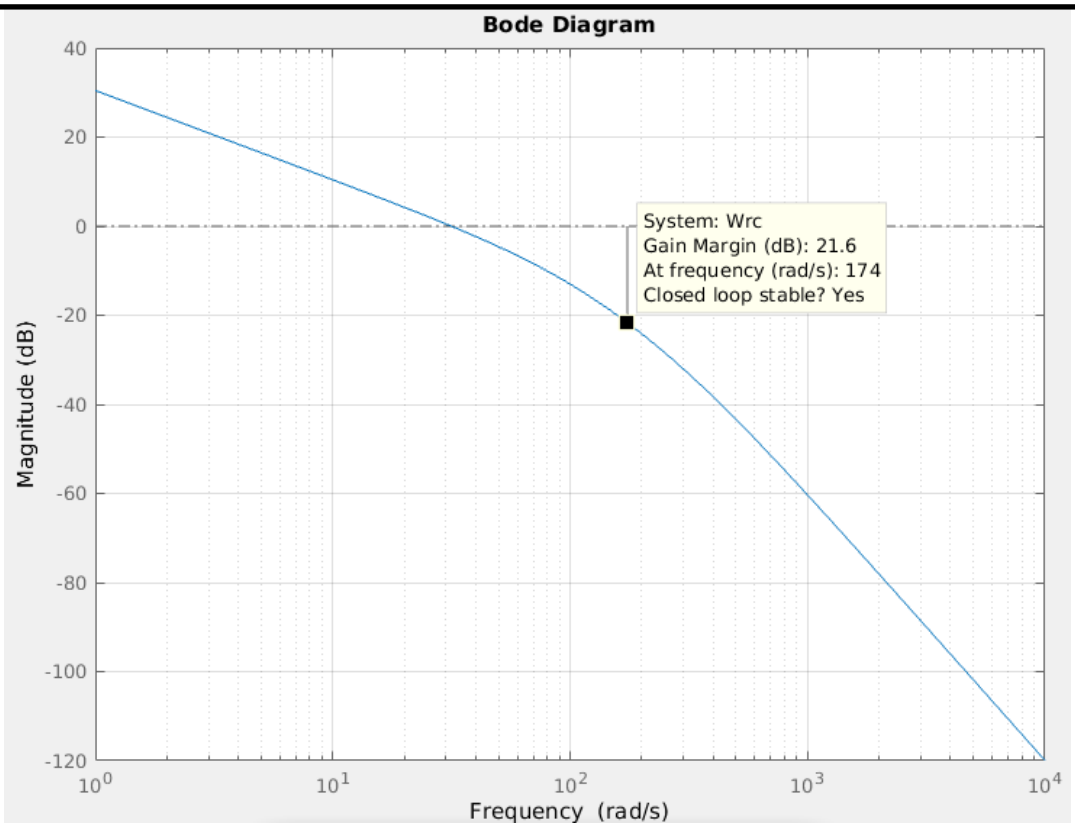

Рисунок 6 – ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования тока

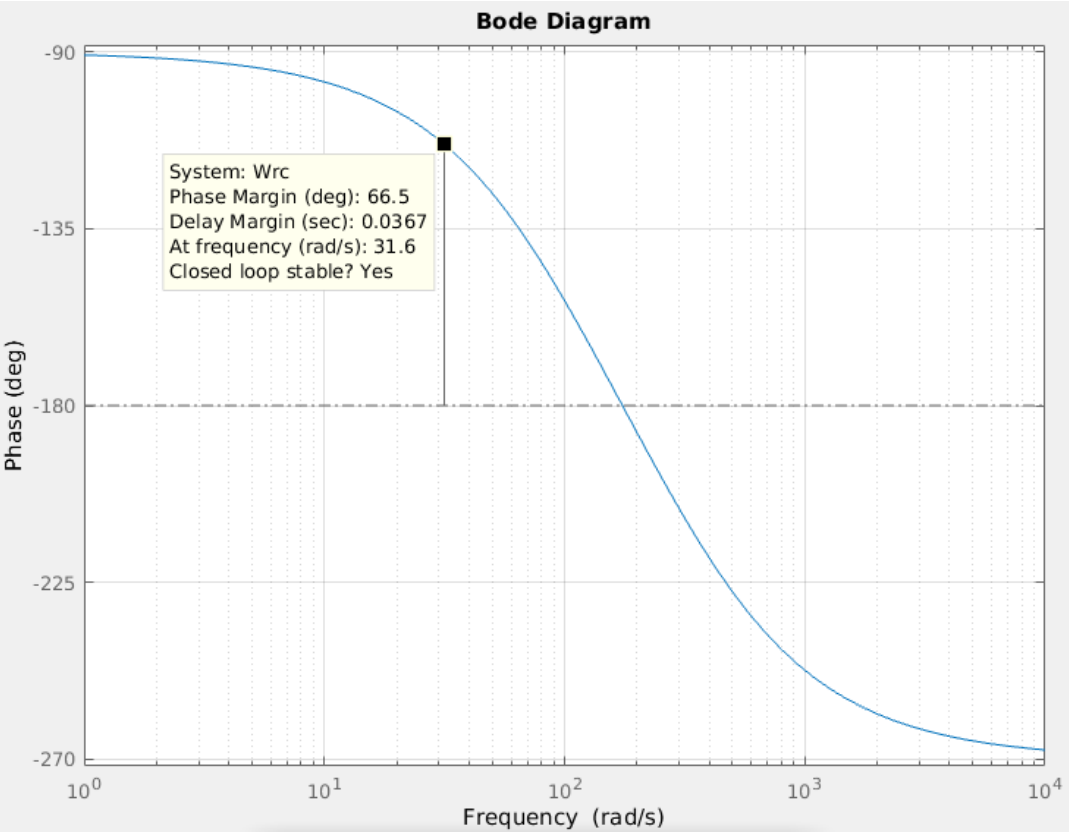

Рисунок 7 – ЛФЧХ контура регулирования тока

По рис. 6 и 7 определяем:

- частоту среза контура регулирования тока – точка пересечения ЛАЧХ с осью X (на уровне равном 0 дБ): $\omega_{ср}=31{,}6\ рад/с;$

- частоту пересечения ЛФЧХ уровня -180 град.: $\omega_{-\pi}=174\ рад/с;$

- запас устойчивости по амплитуде: $\Delta L=21{,}6\ дБ;$

- запас устойчивости по фазе: $\Delta\varphi=66{,}5\ град.$

Далее строим переходный процесс контура регулирования тока (рис. 8) и определяем его показатели качества:

- перегулирование: $\sigma=\frac{h_{max}-h_{уст}}{h_{уст}}=2{,}57\%$;

- время максимума – время когда переходная функция достигает максимального значения: $t_{max}=0{,}0884\ с$;

- время переходного процесса: $t_{п.п.}=0{,}104\ с$;

- установившееся значение: $h_{уст}=1$;

- число колебаний: <1;

- период колебаний: *не определен*;

- статическая ошибка: $e_{уст}=1-h_{уст}=0$.

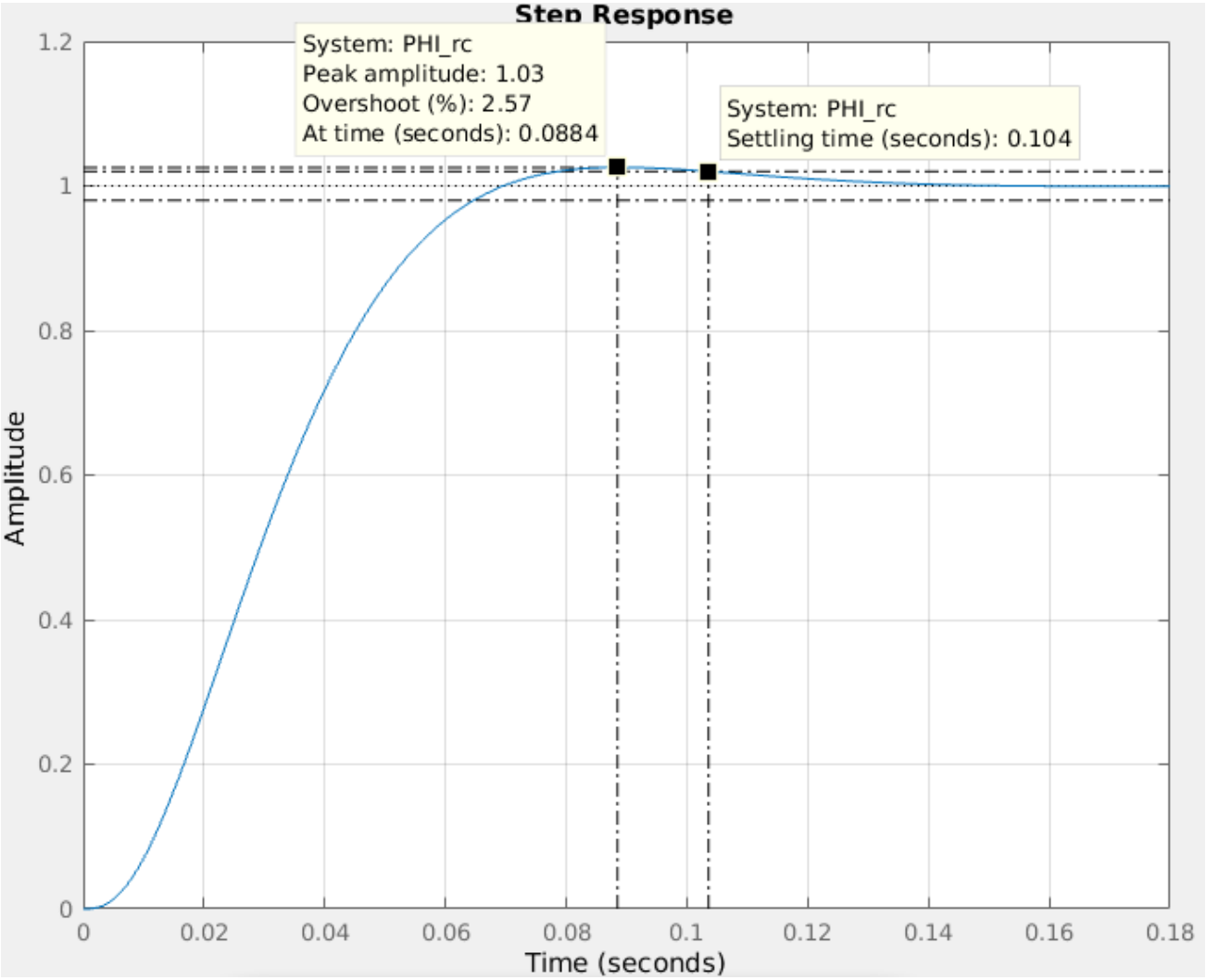

Рисунок 8 – Переходный процесс в контуре регулирования тока

6 Настройка контура регулирования скорости с помощью программы MATLAB.

С помощью программы MATLAB, подбираем параметры регулятора скорости, используя исходную структурную схему контура регулирования скорости (рис. 9).

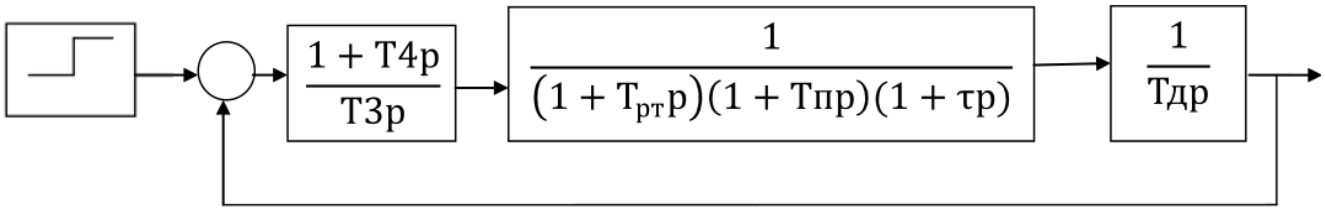

Рисунок 9 – Структурная схема контура регулирования скорости

Для проверки устойчивости системы (контура регулирования скорости) воспользуемся критерием Найквиста – построим логарифмические амплитудные (ЛАЧХ) и фазовые (ЛФЧХ) характеристики разомкнутого контура скорости (рис. 10 и 11 соответственно).

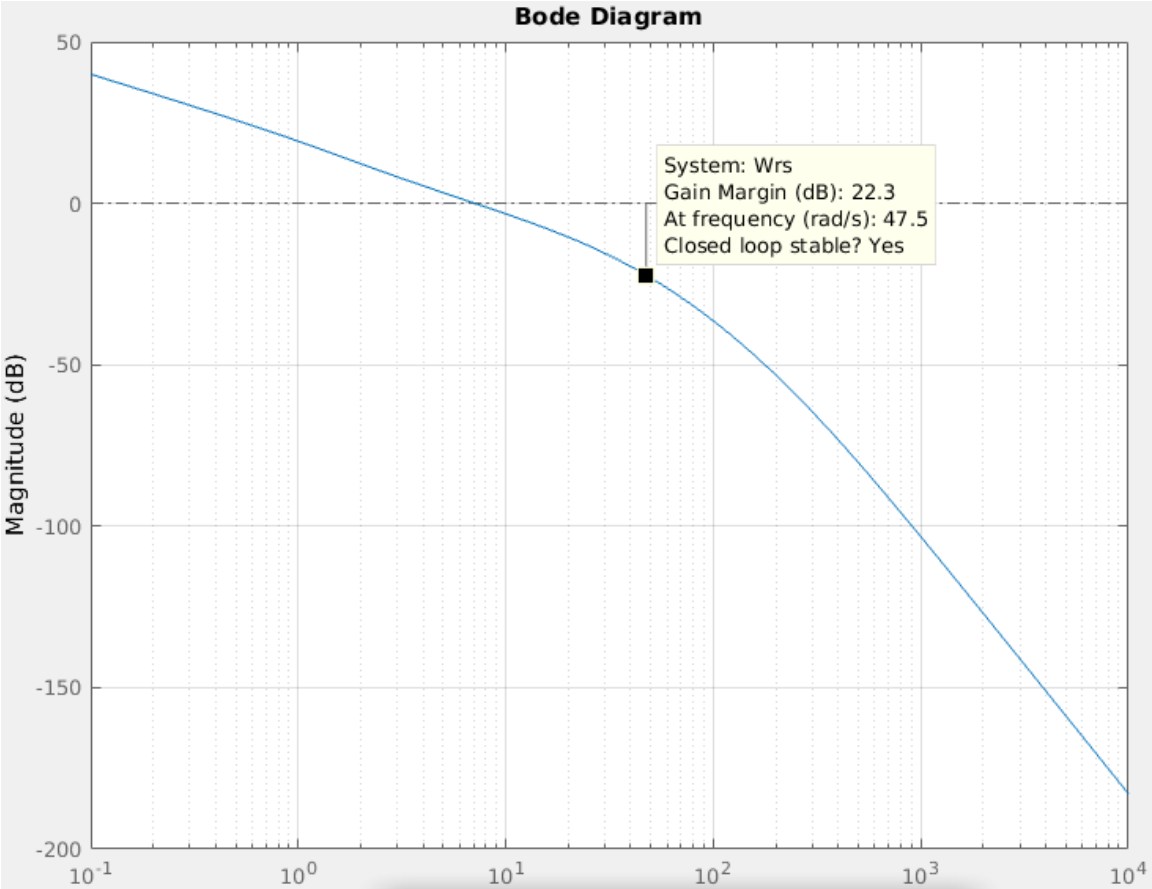

Рисунок 10 – ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования скорости

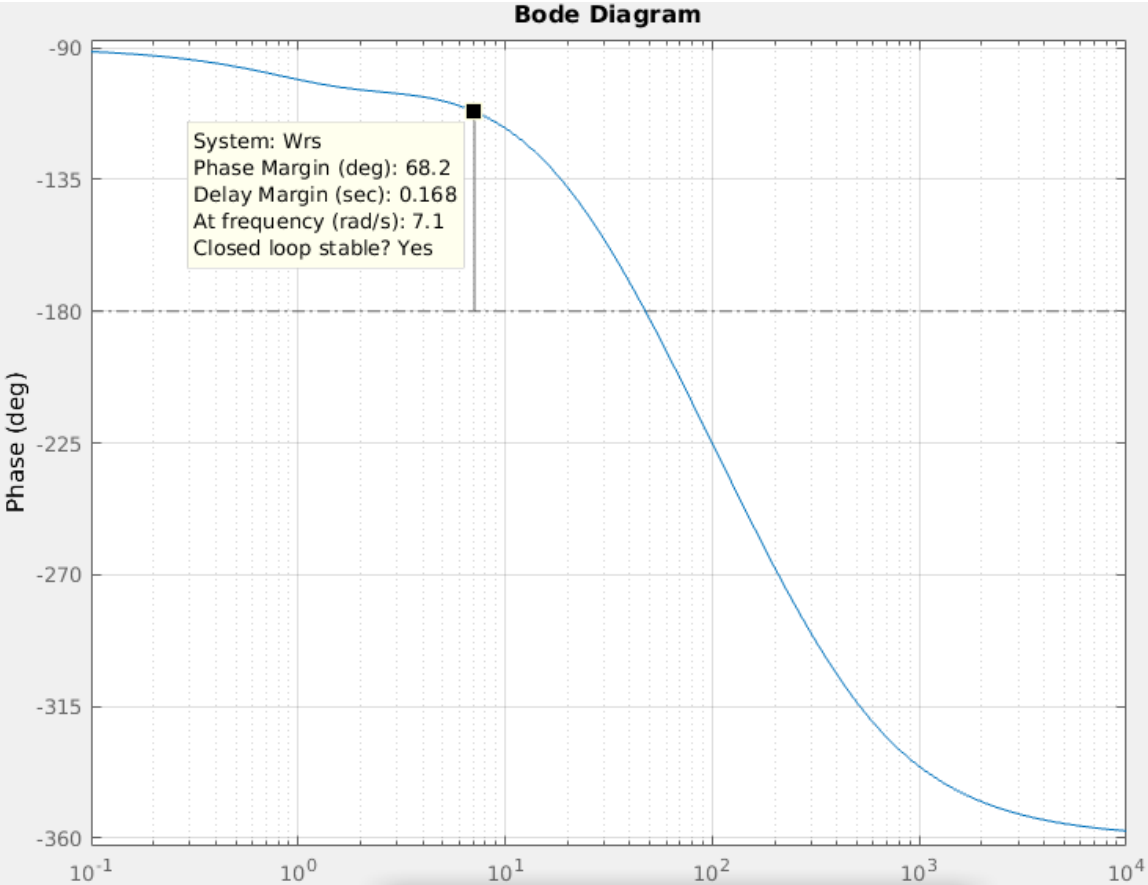

Рисунок 11 – ЛФЧХ контура регулирования скорости

По рис. 10 и 11 определяем:

- частоту среза контура регулирования тока – точка пересечения ЛАЧХ с осью X (на уровне равном 0 дБ): $\omega_{ср}=7{,}1\ рад/с;$

- частоту пересечения ЛФЧХ уровня -180 град.: $\omega_{-\pi}=47{,}5\ рад/с;$

- запас устойчивости по амплитуде: $\Delta L=22{,}3\ дБ;$

- запас устойчивости по фазе: $\Delta\varphi=68{,}2\ град.$

Далее строим переходный процесс в контуре скорости (рис. 12) и определяем его показатели качества:

- перегулирование: $\sigma=\frac{h_{max}-h_{уст}}{h_{уст}}=4{,}65\%$;

- время максимума – время когда переходная функция достигает максимального значения: $t_{max}=0{,}478\ с$;

- время переходного процесса: $t_{п.п.}=0{,}937\ с$;

- установившееся значение: $h_{уст}=1$;

- число колебаний: <1;

- период колебаний: *не определен*;

- статическая ошибка: $e_{уст}=1-h_{уст}=0$.

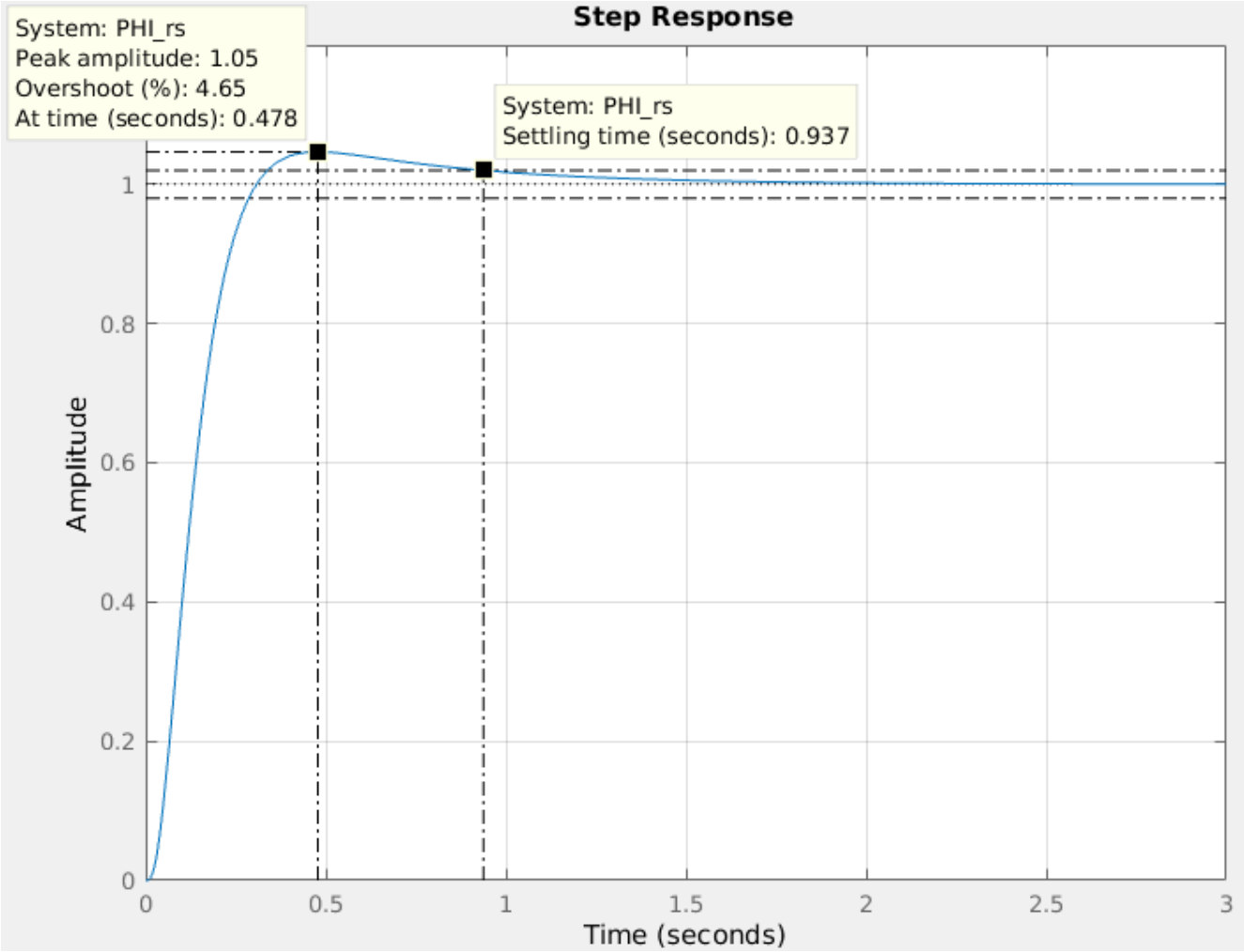

Рисунок 12 – Переходный процесс в контуре регулирования скорости

7 Исследование переходного процесса наброса нагрузки

В программе MATLAB составляем исходную структурную схему электропривода (рис. 13).

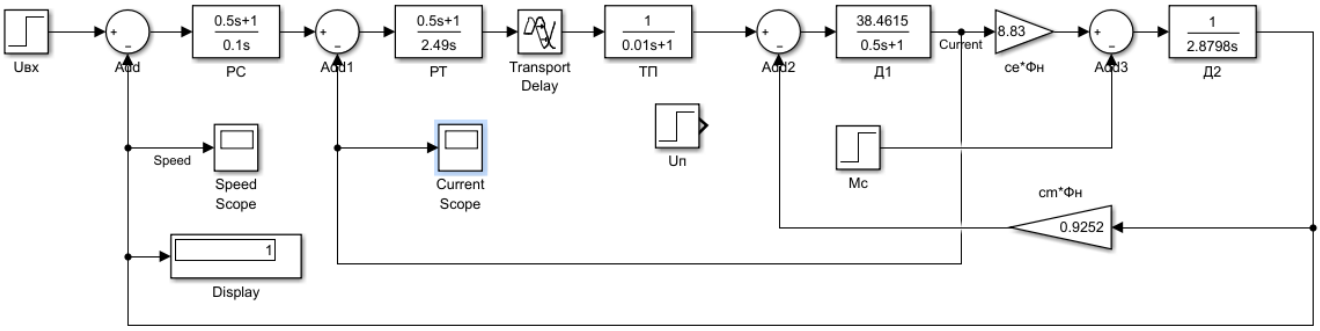

Рисунок 13 – Исходная структурная схема электропривода

Затем подаем на вход системы единичное воздействие и наблюдаем за переходным процессом пуска. После того, как он закончится и система достигнет установившегося значения (скорости холостого хода), подаем скачок (наброс) момента статической нагрузки и наблюдаем за вторым переходным процессом.

На рисунках 14 и 15 представлены графики переходных процессов пуска двигателя и наброса нагрузки, полученные при моделировании структуры электропривода в программе MATLAB/Simulink. По графику преходного процесса скорости двигателя при пуске определим прямые показатели качества САУ:

- перегулирование:

$$\sigma=\frac{1{,}12-1}{1}\cdot 100\,\%=12\,\%;$$

- время регулирования:

$$t_{рег}\approx 3{,}2\ c.$$

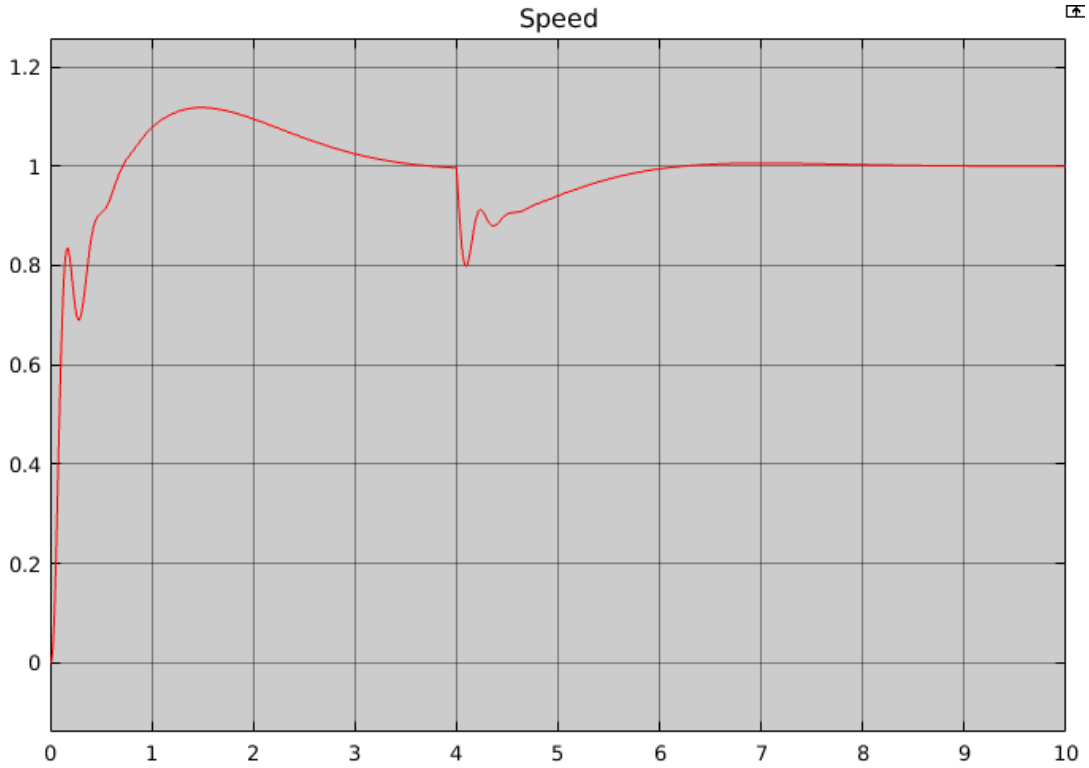

Рисунок 14 – Переходный процесс скорости двигателя

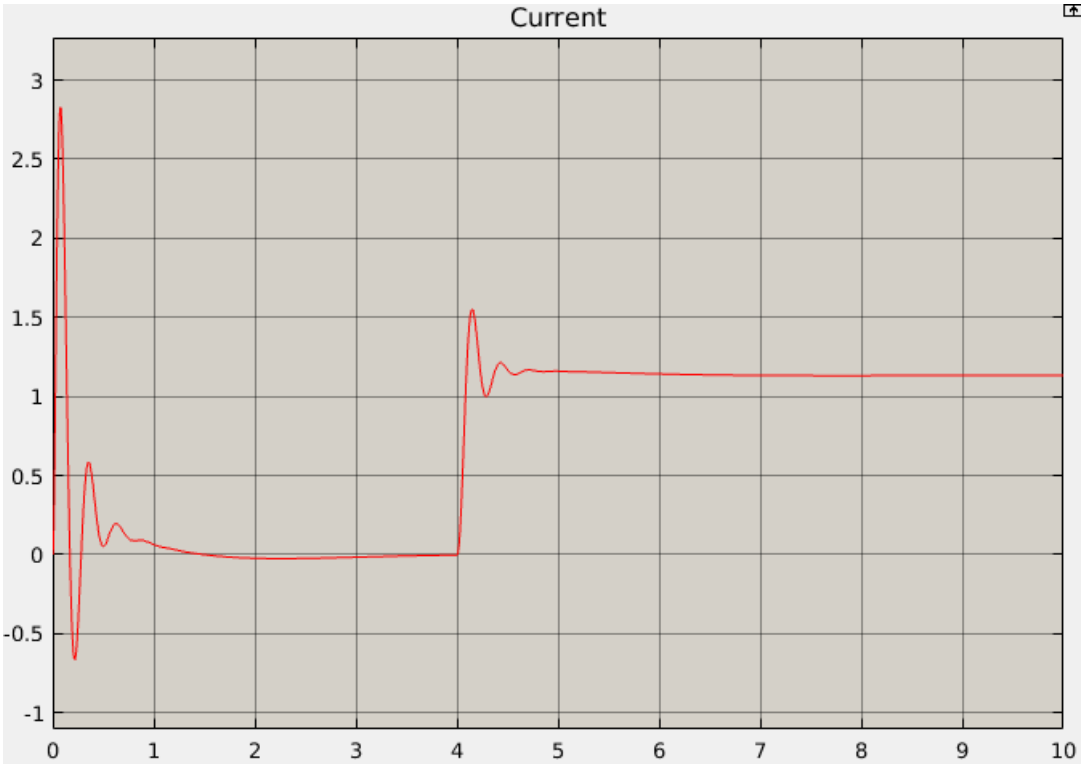

Рисунок 15 – Переходный процесс тока якоря двигателя

8. Механические характеристики двигателя

На рисунке 16 изображены механические характеристики двигателя в разомкнутой и замкнутой сисемах управления.

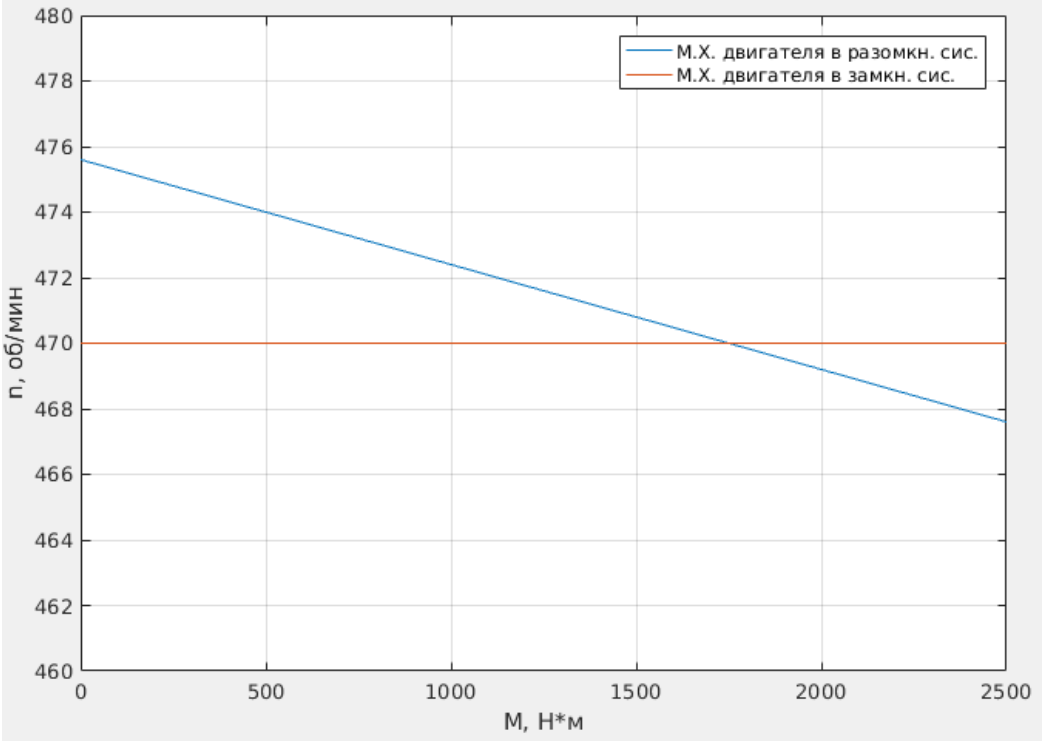

Рисунок 16 – Механические характеристики двигателя

Очевидно, что в разомкнутой системе управления имеет место просадка скорости двигателя с увеличением момента нагрузки, происходящая по линейному закону, а в замкнутой системе сохраняется заданное значение скорости не зависимо от момена нагрузки.

В разомкнутых системах точность и диапазон регулирования скорости не высоки, в замкнутых системах этот недостаток устраняется. В замкнутой системе автоматически компенсируется воздействие возмущающих факторов, и скорость вращения или момент двигателя могут с большой точностью поддерживаться на требуемом уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной курсовой работе с помощью логарифмических амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик мы определили, что система имеет достаточный запас по фазе. Частота среза контура тока больше, чем частота среза контура скорости. Переходный процесс скорости имеет небольшое перерегулирование порядка 12%, при набросе нагрузки восстановление происходит около 2 с. Бросок пускового тока в переходном процессе составляет порядка 2,7 раза, при набросе нагрузки восстановление и перерегулирование невелики.

Метод технического оптимума позволяет произвести точную настройку электропривода с заданными параметрами, причем запасы по фазе и характеристики переходных процессов соответствуют критериям устойчивости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Усынин Ю.С. Системы управления электроприводов: Учеб. Пособие. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001.

2. Усынин Ю.С. и др. Системы управления электроприводов: Учеб. пособие к курсовому проектированию/Ю.С. Усынин, О.И. Осипов, В.П. Мацин; под редакицей Ю.С. Усынина. – Челябинск: ЧГТУ, 1996.