МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ “САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИТМО”

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

**Лабораторная работа №4:**

«Типовые динамические звенья»

по дисциплине Теория автоматического управления

Вариант №6

Выполнил: Студент группы R33362 Осинина Т. С

Преподаватель: Перегудин А.А.

Санкт-Петербург, 2022

# Задание №1. Brushed DC motor goes Brr.

# Даны уравнения двигателя постоянного тока независимого возбуждения

# Запишите их в виде одного дифференциального уравнения. Основываясь на полученном выражении, найдите передаточную функцию исследуемого объекта и определите, какому типовому звену он соответствует. Возьмите из таблицы 1 значения, которые соответствуют вашему варианту, для следующих величин:

# 1. km – конструктивная постоянная по моменту;

# 2. ke – конструктивная постоянная по ЭДС;

# 3. J – момент инерции ротора;

# 4. R – активное сопротивление обмоток ротора.

# Аналитически рассчитайте временные и частотные характеристики (весовую и переходную функции, АЧХ и ФЧХ) данного звена. Постройте графики переходной функции, АЧХ, ФЧХ и ЛАФЧХ с помощью компьютера. Приведите в отчёте соответствующие расчёты и графики.

Таблица 1. Исходные данные для заданий 1,2 и 4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | *km, Н·м/А* | *ke, В·с* | *J, кг·м2* | *R, Ом* | *L, Гн* |
| 6 | 0.3612 | 0.3612 | 0.0031 | 4.7237 | 1.0567 |

**Решение:**

Сначала составим дифференциальное уравнение:

K = , , тогда получим:

Далее подставим значения из Таблицы 1:

Следовательно, типовое звено соответсвует аппериодическому 1 - ого порядка.

Чтобы определить амплитудно-частотную характеристику необходимо заменить s на :

Далее находим АЧХ:

После вычисляем ФЧХ:

Определяем передаточную и весовую функции:

Далее построим графики переходной функции,АЧХ, ФЧХ и ЛАФЧХ:

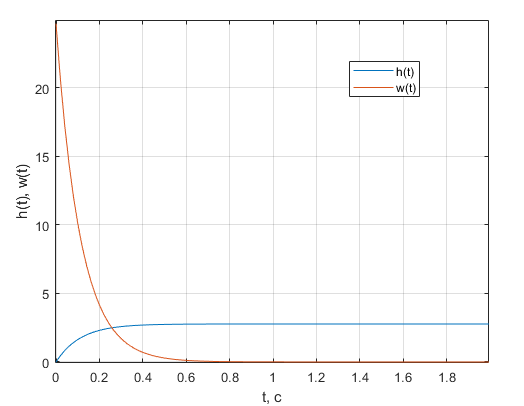


Рисунок 1. Графики весовой и переходной функции апериодического звена 1-го порядка

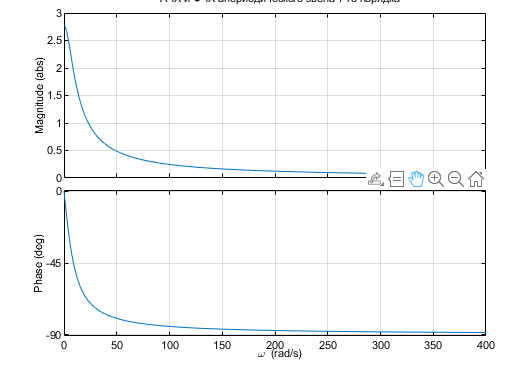


Рисунок 2. АЧХ и ФЧХ апериодического звена 1-го порядка

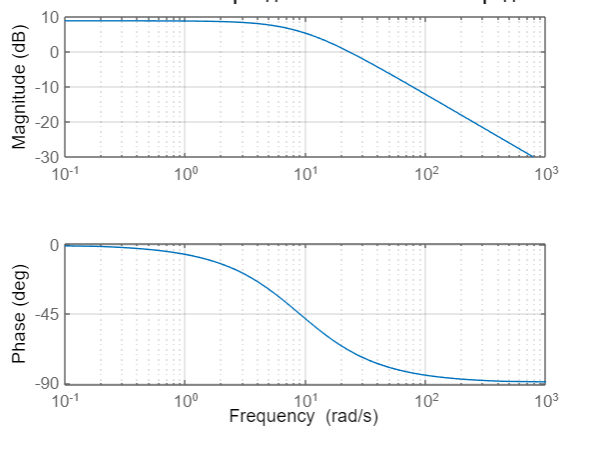


Рисунок 3. ЛАЧХ и ЛФЧХ апериодического звена 1-го порядка

Код программы из MATLAB:

km = 0.3612

ke = 0.3612

J = 0.0031

R = 4.7237

Tm = (J\*R)./(ke\*km)

K= 1./ke

syms s

Ws = K./((Tm\*s+1))

syms w real

Wwi = K./((Tm\*(j\*w)+1))

Aw = sqrt(real(Wwi)^2 + imag(Wwi)^2)

Phiw = atan2(imag(Wwi),real(Wwi))

H = Ws./s

h = ilaplace(H)

wt = diff(h)

t=linspace(0, 2)

h = K\*(1-exp(-t./Tm))

wt = (K./Tm)\*(exp(-t./Tm))

plot(t,h)

hold on

plot(t,wt)

grid on

ylim([0 25])

xlabel('t, с')

ylabel('h(t), w(t)')

legend({'h(t)','w(t)'})

hold off

w=10^(-1):20:500

Hz = tf([K],[Tm 1])

plotoptions = bodeoptions

plotoptions.Grid = 'on'

plotoptions.FreqScale='linear'

plotoptions.MagUnit = 'abs'

plotoptions.MagScale = 'linear'

plotoptions.XLim = {[0 400]}

bode(Hz,plotoptions)

xlabel('\omega')

Hl = tf([K],[Tm 1])

opts1=bodeoptions('cstprefs');

opts1.PhaseVisible = 'off';

opts1.FreqScale = 'log';

Mag=subplot(2,1,1);bodeplot(Hz,opts1); grid on;title('ЛАЧХ и ЛФЧХ апериодического звена 1-го порядка');

set(xlabel(''),'visible','off');

opts2=bodeoptions('cstprefs');

opts2.MagVisible = 'off';

opts2.FreqScale = 'log';

Phase=subplot(2,1,2);bodeplot(Hz,opts2); grid on; title(' ')

# Задание №2. Brushed DC motor goes Brr Brr.

Даны уравнения двигателя постоянного тока независимого возбуждения

Запишите их в виде одного дифференциального уравнения. Основываясь на полученном выражении, найдите передаточную функцию исследуемого объекта и определите, какому типовому звену он соответствует. Возьмите из таблицы 1 значения, которые соответствуют вашему варианту, для следующих величин:

1. km – конструктивная постоянная по моменту;

2. ke – конструктивная постоянная по ЭДС;

3. J – момент инерции ротора;

4. R – активное сопротивление обмоток ротора;

5. L – индуктивность обмоток ротора.

Аналитически рассчитайте временные и частотные характеристики (весовую и переходную функции, АЧХ и ФЧХ) данного звена. Постройте графики переходной функции, АЧХ, ФЧХ и ЛАФЧХ с помощью компьютера. Приведите в отчёте соответствующие расчёты и графики.

Решение:

Сначала составим дифференциальное уравнение:

Пусть *,*

тогда передаточная функция будет иметь вид:

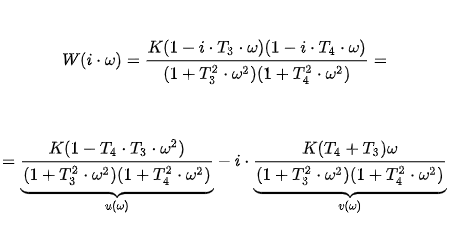
Найдем корень:

Определим

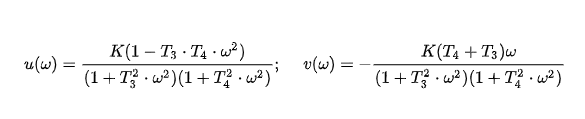
Далее находим АЧХ:

Так же, как и в первом задании подставляем вместо s.

Далее умножаем числитель и знаменатель на ), в итоге получаем:

**

Действительная и мнимая части передаточной функции:



После вычисляем ФЧХ:

Определяем переходную и весовую функции:

Далее построим графики переходной функции,АЧХ, ФЧХ и ЛАФЧХ:

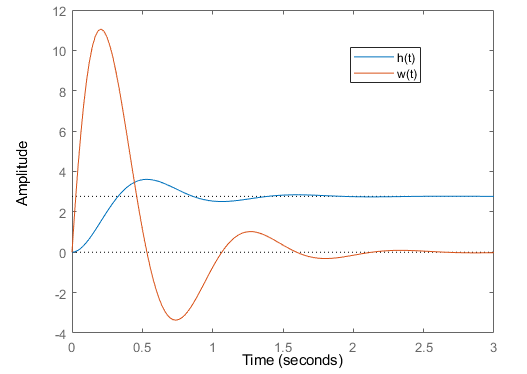


Рисунок 4. График переходной и весовой функции

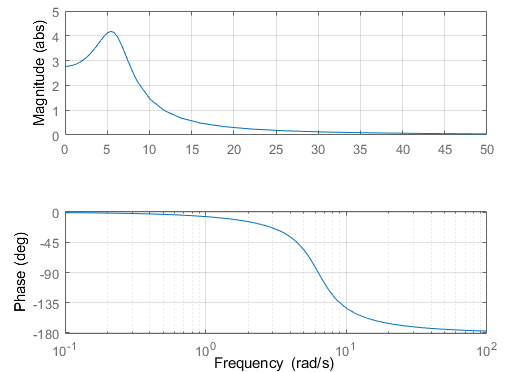


Рисунок 5. Графики АЧХ и ФЧХ

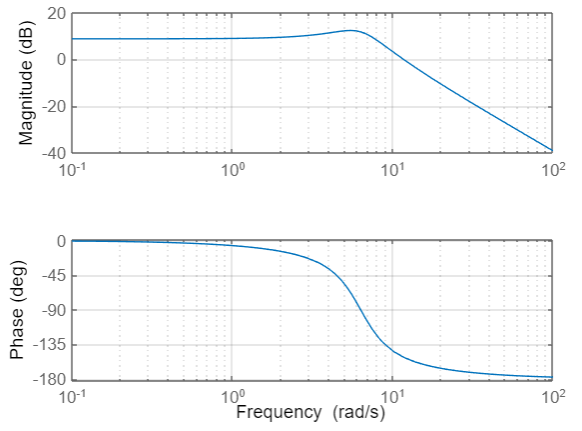


Рисунок 6. Графики ЛАЧХ и ЛФЧХ

# Задание 3. Конденсируй. Интегрируй. Умножай.

Дано уравнение зависимости напряжения конденсатора (выходная величина) от силы тока (входное воздействие):

Найдите передаточную функцию исследуемого объекта и определите, какому типовому звену он соответствует. Возьмите из таблицы 2 значение, которое соответствует вашему варианту, для следующих величин:

1. C – ёмкость конденсатора.

Аналитически рассчитайте временные и частотные характеристики (весовую и переходную функции, АЧХ и ФЧХ) данного звена. Постройте графики переходной функции, АЧХ, ФЧХ и ЛАФЧХ с помощью компьютера. Приведите в отчёте соответствующие расчёты и графики.

Таблица 2. Исходные данные для задания 3.

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | C, мкФ |
| 6 | 314 |

**Решение:**

Сначала перепишем уравнение:

Пусть

Далее составим передаточную функцию:

Данная передаточная функция соответствует идеальному интегрирующему звену.

После находим АЧХ, для этого заменим s на :

Тогда АФЧХ будет равно:

Определяем переходную и весовую функции:

Далее строим графики переходной функции, АФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ:

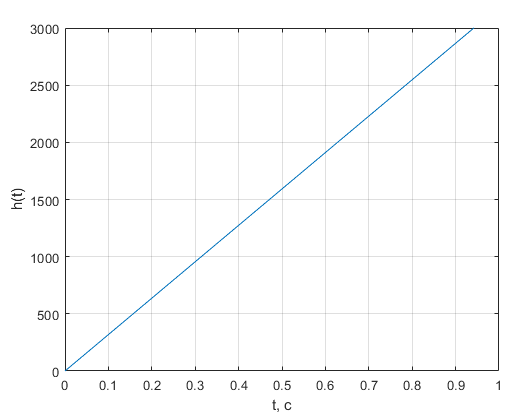


Рисунок 7. График переходной функции

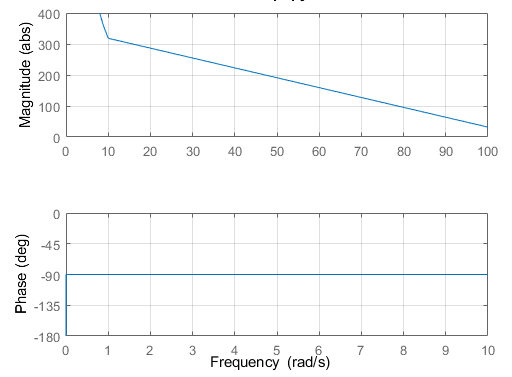


Рисунок 8. Графики АЧХ и ФЧХ

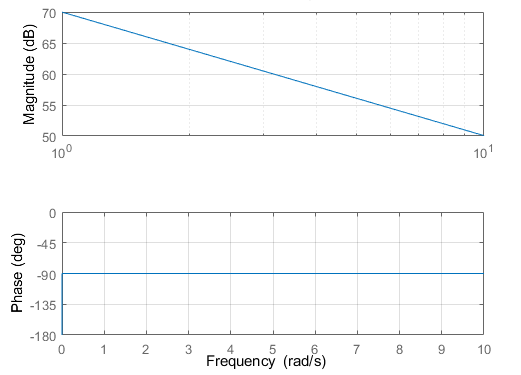


Рисунок 9. График ЛАЧХ и ЛФЧХ

# Задание 4. И снова электрические машины.

Видоизмените систему из задания 1 таким образом, чтобы выходным значением системы являлся угол поворота θ вала двигателя. Основываясь на полученном выражении, найдите передаточную функцию исследуемого объекта и определите, какому типовому звену он соответствует. Возьмите из таблицы 1 значения, которые соответствуют вашему варианту, для следующих величин:

1. km – конструктивная постоянная по моменту;

2. ke – конструктивная постоянная по ЭДС;

3. J – момент инерции ротора;

4. R – активное сопротивление обмоток ротора.

Аналитически рассчитайте временные и частотные характеристики (весовую и переходную функции, АЧХ и ФЧХ) данного звена. Постройте графики переходной функции, АЧХ, ФЧХ и ЛАФЧХ с помощью компьютера. Приведите в отчёте соответствующие расчёты и графики.**Решение:**

Берем систему из задания 1:

Подставляем вместо , получаем:

K = ,

Составим передаточную функцию:

Данная передаточная функция соответствует интегрирующему звену  
с замедлением.

Далее вычисляем АЧХ и ФЧХ:

Тогда АЧХ и ФЧХ будут равны:

Определяем переходную и весовую функции:

Далее строим графики переходной функции, АФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ:

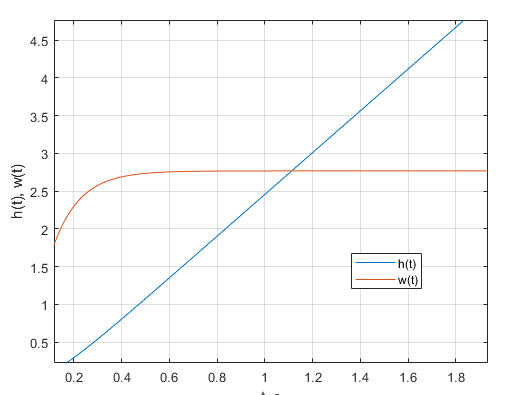


Рисунок 10. График передаточной и весовой функций

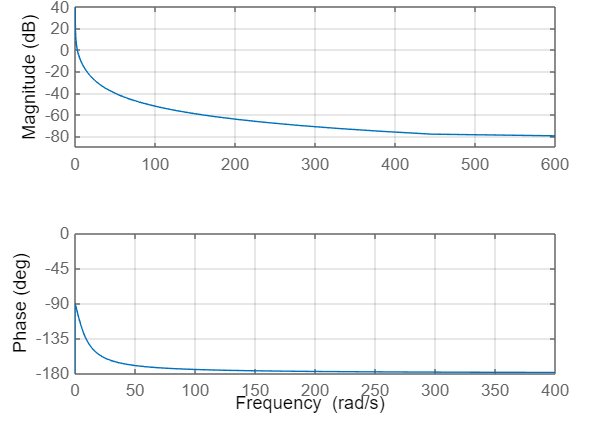
**

Рисунок 11. График АЧХ и ФЧХ

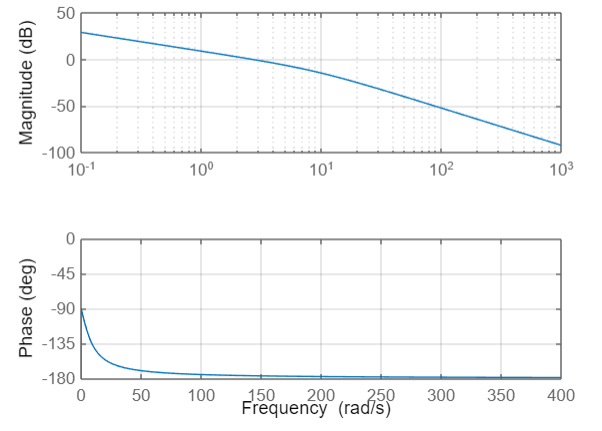


Рисунок 12. График ЛАЧХ и ЛФЧХ

Задание 5. Why are we still here? Just to suffer?

Даны уравнения тахогенератора постоянного тока (выходной величиной является напряжение , снимаемое с нагрузки генератора):

Запишите их в виде одного дифференциального уравнения. Основываясь на полученном выражении, найдите передаточную функцию исследуемого объекта и определите, какому типовому звену он соответствует. Возьмите из таблицы 3 значения, которые соответствуют вашему варианту, для следующих величин:

1. R – активное сопротивление обмоток ротора;

2. Rl – омическая нагрузка;

3. L – индуктивность обмоток ротора;

4. ke – конструктивная постоянная по ЭДС.

Аналитически рассчитайте временные и частотные характеристики (весовую и переходную функции, АЧХ и ФЧХ) данного звена. Постройте графики переходной функции, АЧХ, ФЧХ и ЛАФЧХ с помощью компьютера. Приведите в отчёте соответствующие расчёты и графики.

Таблица 3. Исходные данные для задания 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | R, Ом | Rl , Ом | L, Гн | ke, В·с |
| 6 | 5.2188 | 263 | 0.4577 | 0.3427 |

Решение:

Сначала составим дифференциальное уравнение:

Составим передаточную функцию:

Данная передаточная функция соответствует дифференцирующего звену  
с замедлением.

Далее вычисляем АЧХ и ФЧХ:

Тогда АЧХ и ФЧХ будут равны:

Определяем переходную и весовую функции:

Далее строим графики переходной функции, АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ:

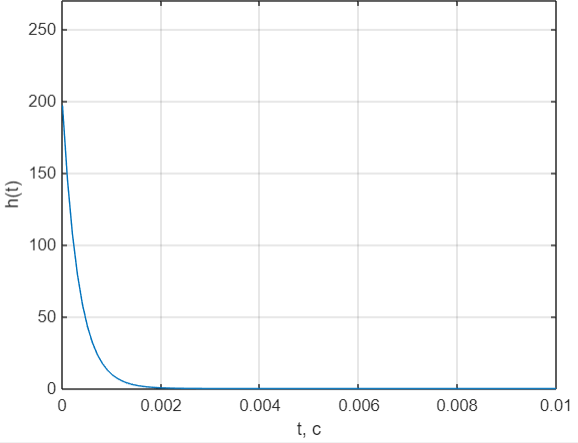


Рисунок 13. График переходной функции

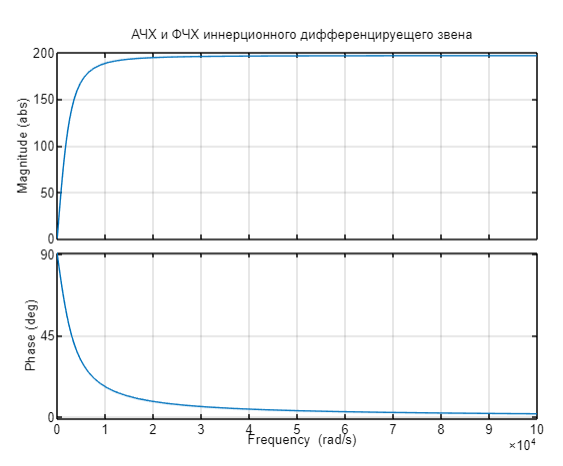


Рисунок 14. График АЧХ и ФЧХ

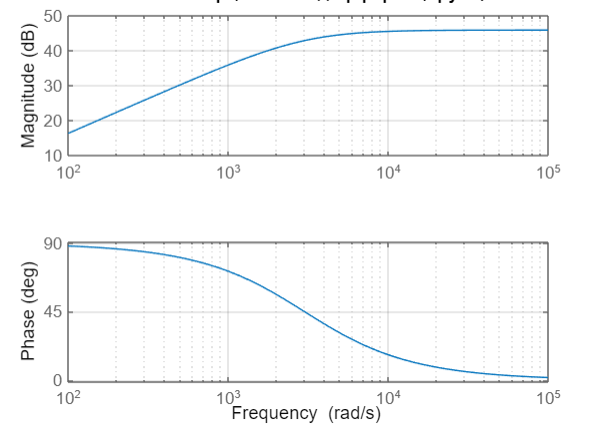


Рисунок 15. График ЛАЧХ и ЛФЧХ

Задание 6. Лагранж – сила, Ньютон – могила!

Изображение выглядит как текст, антенна

Автоматически созданное описание

Рисунок 16. Пружинный маятник

На основе данного рисунка составьте уравнение движения маятника. Найдите передаточную функцию исследуемого объекта и определите, какому типовому звену он соответствует. Возьмите из таблицы 4 значения, которые соответствуют вашему варианту, для следующих величин:

1. M – масса груза;

2. k – коэффициент жесткости пружины.

Аналитически рассчитайте временные и частотные характеристики (весовую и переходную функции, АЧХ и ФЧХ) данного звена. Постройте графики переходной функции, АЧХ, ФЧХ и ЛАФЧХ с помощью компьютера. Приведите в отчёте соответствующие расчёты и графики.

Таблица 4. Исходные данные для задания 6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | m, кг | k, Н/м |
| 6 | 35 | 324 |

Решение:

Сначала составим дифференциальное уравнение пружинного маятника:

Составим передаточную функцию, при :

Данная передаточная функция соответствует позиционному консервативному звену.

Далее вычисляем АЧХ и ФЧХ:

Тогда АЧХ и ФЧХ будут равны:

Определяем переходную и весовую функции:

Далее строим графики переходной функции, АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ:

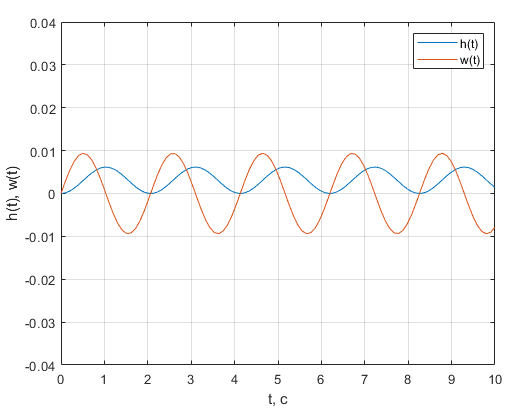


Рисунок 13. График переходной и весовой функций

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Рисунок 14. График АЧХ и ФЧХ

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Рисунок 15. График ЛАЧХ и ЛФЧХ

# Задание 7. Нужно больше трения.

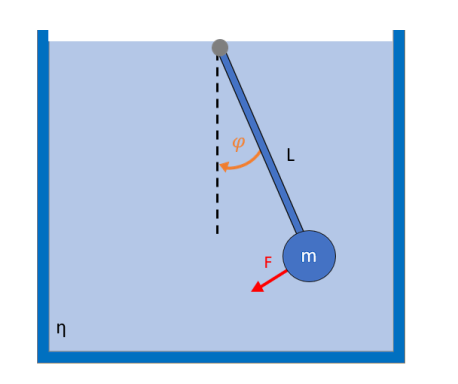


Рисунок 17. Маятник в вязкой жидкости

На основе данного рисунка составьте уравнение движения маятника. Линеаризуйте уравнение объекта около нижнего положения равновесия, приняв sin(φ) = φ. Массу маятника считайте сосредоточенной на конце груза. Найдите передаточную функцию исследуемого объекта и определите, какому типовому звену он соответствует. Возьмите из таблицы 5 значения, которые соответствуют вашему варианту, для следующих величин:

1. m – масса груза;

2. L – длина маятника;

3. η – коэффициент вязкого трения жидкости.

Аналитически рассчитайте временные и частотные характеристики (весовую и переходную функции, АЧХ и ФЧХ) данного звена. Постройте графики переходной функции, АЧХ, ФЧХ и ЛАФЧХ с помощью компьютера. Приведите в отчёте соответствующие расчёты и графики.

Таблица 5. Исходные данные для задания 7

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | m, кг | L, м | η, c−1 |
| 6 | 0.4922 | 2.0624 | 9.0209 |

Решение:

Сначала составим дифференциальное уравнение маятника в вязкой жидкости:

Составим передаточную функцию, при :

Эта передаточная функция для апериодического звена 2-го порядка.

Найдем корень:

Определим

Находим АЧХ:

После вычисляем ФЧХ:

Определяем переходную и весовую функции:

Далее строим графики переходной функции, АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ:

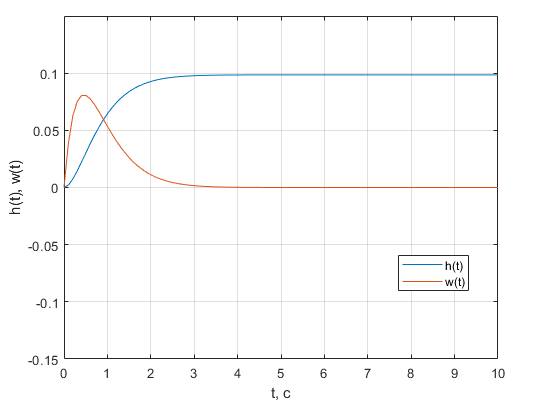


Рисунок 13. График переходной и весовой функций

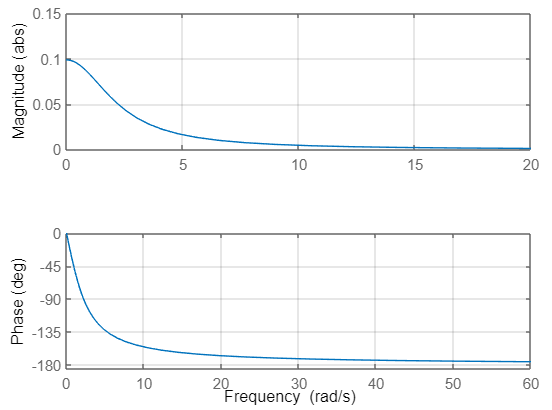


Рисунок 14. График АЧХ и ФЧХ

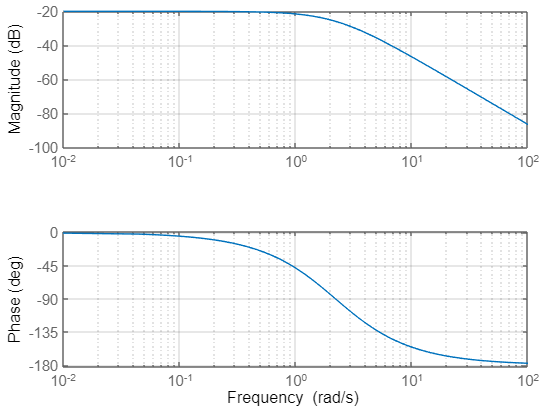


Рисунок 15. График ЛАЧХ и ЛФЧХ

Вывод: в данной работе исследовали объекты с разными типовыми звеньями на реальных примерах, для каждого случая нашли передаточную, переходную   
и весовую функции, аналитически определили амплитудно-частотные   
и фазо-частотные характеристики, а также их логарифмический вид.