**Приложение А**

*Пример выполнения задания 1 контрольной работы*

На рисунке приведена структура САР, состоящая из объекта регулирования 1, исполнительного механизма 2, усилителя 3, измерительного преобразователя 4 и элемента сравнения. Дифференциальные уравнения элементов системы приведены в таблице.

|  |  |
| --- | --- |
| W1  W2  W3  W4 | *x = 0,1y* |

W3

W1

W2

W4

g

e

u

r

y

-

Требуется:

1 Определить передаточные функции элементов и указать каким типовым динамическим звеном или соединением типовых звеньев представлен каждый из них.

2 Записать передаточные функции и характеристические уравнения разомкнутой и замкнутой систем.

3 Построить логарифмические (асимптотическую амплитудную и фазовую частотную) характеристики разомкнутой системы и, пользуясь логарифмическим критерием устойчивости, определить устойчивость системы в замкнутом состоянии. Определить запасы устойчивости системы по фазе и амплитуде.

# Решение

Передаточные функции звеньев системы находятся как отношение изображения по Лапласу выходной величины к изображению входной величины при нулевых начальных условиях

W(p) = Xвых(p)/Xвх(p)

Произведя замену в дифференциальных уравнениях d/dt на p, y(t) на Y(p), r(t) на R(p), u(t) на U(p), e(t) на E(p) и x(t) на X(p), получим уравнения в операторной форме

для 1 звена:

(0,0004p2 + 0,02р + 1)Y(p) = 5R(p)

W1(p) = 

Это колебательное звено с Т = 0,02 и ξ = 0,5.

для 2 звена:

(0,5p + 1)R(p) = 4U(p)

W2(p) =  это апериодическое звено

для 3 звена:

pU(p) = 10(0,05р + 1)E(p)

W3(p) =  это изодромное звено.

для 4 звена:

X(p) = 0,1Y(p)

W4(p) = 0,1 безинерционное (усилительное) звено

Передаточная функция разомкнутой цепи равна произведению передаточной функции прямой ветви и передаточной функции обратной связи. Тогда



Характеристическое уравнение разомкнутой системы будет



Передаточная функция замкнутой цепи с отрицательной обратной связью равна передаточной функции прямой цепи, деленной на единицу плюс передаточная функция разомкнутой цепи



Характеристическое уравнение замкнутой системы будет



Построим логарифмические амплитудную и частотную характеристики разомкнутой системы. При ω = 1 вычисляем ординату 20lgК = 20lg20 = 26 дБ. Сопрягающие частоты w1 = 1/0,5 = 2 c-1; w2 = 1/0,05 = 20 c-1; w3 = 1/0,02 = 50 c-1. ЛАЧХ неизменяемой части состоит из четырех асимптот.

Фазовую характеристику определим по формуле



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ω, с-1 | 1 | 2 | 4 | 5 | 10 | 20 | 40 | 50 | 100 |
| ϕ(ω), град | -116 | -133,9 | -151,3 | -155,6 | -164,7 | -172,9 | -191 | -199,5 | -227 |

ЛАЧХ пересекает линию 0 дБ на частоте wc = 6,3 с-1 , т.е. на более низкой частоте, чем фазовая характеристика пересекает линию -180° на частоте 28 с-1.

Следовательно, замкнутая система устойчива.

Запас устойчивости по амплитуде 23 дБ, по фазе - φ = 21˚