

## Рубежный контроль (контрольная работа)

### Тема "Расчет системы автоматического регулирования скорости двигателя постоянного тока"

#### Задание

Структурная схема системы автоматического регулирования (САР) скорости двигателя постоянного тока показана на рисунке 1.

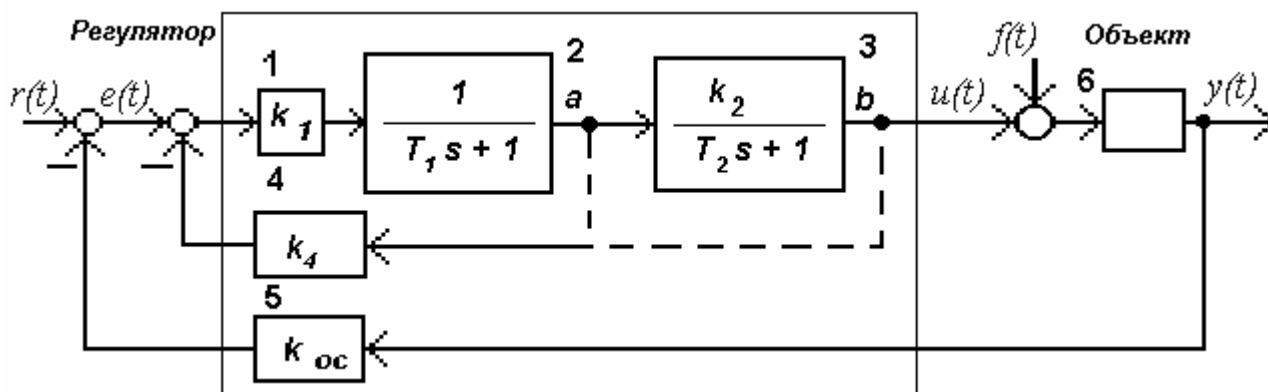


Рисунок 1

Двигатель (блок 6) описывается дифференциальным уравнением

$$T_3^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + 2T_3 \xi \frac{dy}{dt} + y = k_3 x.$$

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметр	Вариант (выбирается по последней цифре номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$k_1$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$k_2$	12,0	11,0	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0
$k_3$	равен порядку первой буквы фамилии в алфавите									
$k_4$	вход блока 4 соединен с точкой <i>a</i> (предпоследняя цифра зачетки 0-4) или с точкой <i>b</i> (предпоследняя цифра зачетки 5-9)									
$T_1$	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
$T_2$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$T_3$	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6
$\xi$	0,9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1

Точность расчетов не менее трех знаков после запятой, все расчеты проводятся в соответствии с [1-3]. Оформление пояснительной записки, включая графики, диаграммы, таблицы и текстовый материал, должно быть выполнено в соответствии со стандартом ПГУ им. С. Торайгырова.

## **Указания к выполнению работы**

### **1 Определение передаточных функций системы**

По структурной схеме системы (см. рисунок 1) получить в общем виде главную передаточную функцию  $W_{yt}(s)$  в виде правильной рациональной дроби.

Найти вид передаточной функции, обозначив её (1), подставив все численные значения данных по варианту при коэффициенте усиления корректирующего звена  $k_4 = 0$  и коэффициенте обратной связи  $k_{oc} = 1$ .

Найти вид передаточной функции, обозначив её (2), подставив все численные значения данных по варианту, кроме общего коэффициента усиления системы  $k_c = k_1 k_2 k_3$ , при коэффициенте усиления корректирующего звена  $k_4 = 0$  и коэффициенте обратной связи  $k_{oc} = 1$ .

Найти вид передаточной функции, обозначив её (3), подставив все численные значения данных по варианту при неизвестном значении коэффициента усиления корректирующего звена  $k_4$  и коэффициенте обратной связи  $k_{oc} = 1$ .

Для определения передаточной функции по структурной схеме руководствоваться правилами структурных преобразований [1, §4-6] звеньев с последовательным, параллельным и встречно-параллельным соединением. После завершения вычислений все передаточные функции должны быть записаны в виде правильной рациональной дроби с полиномами от  $s$  в числителе и знаменателе.

### **2 Оценка устойчивости системы**

По передаточной функции (1) оценить устойчивость системы, пользуясь алгебраическим критерием Рауса [1, §5-4].

Для этого необходимо записать характеристическое уравнение системы, составить таблицу Рауса, сделать заключение о состоянии системы (для неустойчивой системы указать количество правых корней).

### **3 Расчет критического значения коэффициента усиления системы**

По передаточной функции (2), пользуясь алгебраическим критерием Гурвица [1, §5-4], найти критические значения общего коэффициента усиления системы  $k_c$ .

Для этого необходимо записать характеристическое уравнение системы с неизвестным коэффициентом  $k_c$ , составить матрицу Гурвица, записать условия нахождения системы на периодической и аperiodической границах устойчивости. Получить из этих условий предельные значения коэффициента, сравнить с фактическим значением, сделать вывод.

### **4 Выбор параметров корректирующего звена**

Найти значение коэффициента усиления  $k_4$  из условия обеспечения устойчивости системы при заданных параметрах регулятора и двигателя методом D-разбиения по одному параметру [1, §5-7].

Для этого необходимо записать характеристическое уравнение из передаточной функции (3), разрешить его относительно  $k_4$ , получить характеристическую частотную функцию заменой  $s$  на  $j\omega$ , построить прямую и зеркальную кривые на комплексной плоскости со всеми необходимыми обозначениями и штриховкой. Особенно точно нужно вычислить координаты точек пересечения кривых с действительной осью.

Проверить область-претендент на устойчивость по критерию Рауса, подставив желаемое значение параметра из области-претендента в характеристическое уравнение. Это значение  $k_4$  в дальнейшем не изменяется.

### 5 Выбор параметров главной обратной связи

Передаточная функция корректирующего звена в цепи главной обратной связи системы выбирается из условия отсутствия установившейся ошибки.

Предварительно пересчитывается заново передаточная функция системы с учетом выбранного значения  $k_4$  при неизвестном  $k_{oc}$ . Установившаяся ошибка на выходе  $y(t)$  относительно входа  $r(t)$  равна нулю, если результирующая передаточная функция  $W_{yt}(s) = 1$  в установившемся режиме, откуда следует  $b_m / a_n = 1$ , где  $b_m$  – свободный член полинома числителя,  $a_n$  – свободный член полинома знаменателя передаточной функции.

Подставив в это выражение численные значения всех параметров, кроме  $k_{oc}$ , и разрешив равенство относительно него, можно найти желаемое значение коэффициента обратной связи.

### 6 Оценка влияния возмущения на выходную величину

Вычислив передаточную функцию ошибки регулирования относительно возмущения  $W_{ef}(s)$ , найти коэффициенты позиционной ошибки  $C_0$ , ошибки по скорости  $C_1$ , ошибки по ускорению  $C_2$ , дать заключение о точности системы.

Если передаточная функция ошибки регулирования имеет вид

$$W(s) = \frac{b_m + b_{m-1}s + \dots + b_0s^m}{a_n + a_{n-1}s + a_0s^n},$$

то коэффициенты ошибок вычисляются по формулам

$$C_0 = \frac{1}{a_n} b_m,$$

$$C_1 = \frac{1}{a_n} (b_{m-1} - C_0 a_{n-1}),$$

$$C_2 = \frac{1}{a_n} (b_{m-2} - C_1 a_{n-1} - C_0 a_{n-2}).$$

Установленное число баллов рубежного контроля: за пункты 1 и 4 по 30 баллов, за остальные – по 10 баллов, общая сумма 100 баллов.

### Список литературы

1 Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики : учебник для студентов вузов / под ред. В.А. Веникова – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1981. – 288 с.

2 Ерофеев А.А. Теория автоматического управления : учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Политехника, 2005. – 302 с.

3 Бороденко В.А. Практический курс теории линейных систем автоматического регулирования. – Павлодар : Кереку, 2007. – 260 с.