



$k, k -$   
 $; k -$   
 $( / \cdot );$   
 $; J_1, J_2 -$   
 $($   
 $), \cdot^2;$   
 $; 1 -$   
 $; 1, 2, \dots, n -$   
 $; /; 12 -$   
 $; \cdot; 2 -$   
 $U$   
 $U = k \cdot \dots$  (1)

$$\left. \begin{aligned}
 U &= U - \sum_1^n k \cdot \dots, \\
 k \cdot k \cdot U &= ( + 1) \cdot \dots, \\
 \left( -\frac{1}{k} \cdot \omega \right) \cdot \frac{1}{R \cdot k} &= ( + 1) \cdot \dots, \\
 - 12 - 1 &= J_1 \frac{d\omega_1}{dt}, \\
 12 - 2 &= J_1 \frac{d\omega_2}{dt}, \\
 12 &= 12 \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)
 \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned}
 1 &= -\frac{1}{T} \cdot \dots + \frac{k \cdot k}{T} \cdot U = 11 \cdot 1 + b_{11} \cdot U_1, \\
 x_2 = M &= -\frac{1}{T} \cdot \dots + \frac{k \cdot \beta}{T} \cdot \dots - \frac{\beta}{T} \cdot \omega_1 = 21 \cdot 1 + 22 \cdot 2 + 23 \cdot 3, \\
 3 = \omega_1 &= \frac{1}{J_1} M - \frac{1}{J_1} M_{12} - \frac{1}{J_1} M_{c1} = 32 \cdot 2 + 34 \cdot 4 + b_{32} U_2, \\
 4 &= 12 = 12 \cdot \omega_1 - 12 \cdot \omega_2 = 43 \cdot 3 + 45 \cdot 5, \\
 5 = \omega_2 &= \frac{1}{J_2} M_{12} - \frac{1}{J_2} M_2 = 54 \cdot 4 + b_{53} U_3
 \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 11 &= -\frac{1}{T}; & 21 &= \frac{k \cdot \beta}{T}; & 22 &= -\frac{1}{T}; & 23 &= -\frac{\beta}{T}; \\
 32 &= 34 = \frac{1}{J_1}; & 43 &= 12; & 45 &= -12; & 51 &= \frac{1}{J_2}; \\
 b_{11} &= \frac{k \cdot k}{T}; & b_{32} &= -\frac{1}{J_1}; & b_{53} &= -\frac{1}{J_2}.
 \end{aligned}$$

(3),

$$\begin{aligned}
 & \text{at } t=t_0, \quad U_1, U_2, U_3, \dots, U_n \quad (2). \\
 & \text{on } [t_0, t_1], \quad U(t) = V(t) - k \cdot X(t), \quad (5) \\
 & \text{where } k = [k_1, k_2, k_3, k_4, k_5]
 \end{aligned}$$

$$V(t) = \begin{bmatrix} u_3 \\ M_{c1} \\ M_{c2} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 & (U_1, U_2, U_3) \\
 & \text{where } n = \dots \\
 & \text{and } m = \dots \\
 & \text{U.} \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t), \quad (4)$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & ( ) & a_{31} & 0 \\ 0 & 0 & a_{43} & 0 & a_{45} \\ 0 & 0 & 0 & a_{54} & 0 \end{bmatrix}$$

$$X(t) = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \dots \\ \omega_2 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{32} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{53} \end{bmatrix}$$

$$U(t) = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U \\ \dots \\ U \end{bmatrix} \quad (3) \quad (4)$$

(1)

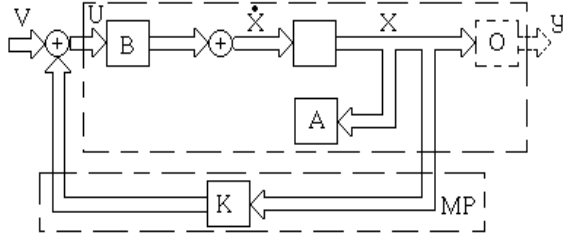
(4) (5)

(.2). (5) (4)

(4) (6),

(4)

$$\dot{X}(t) = (A - BK) \cdot X(t) + BV(t), \quad (6)$$



.2.

(1)

$$( + 1) \cdot ( \quad^2 + \quad + 1) \cdot \omega = k_0 U - ( + 1) \cdot ( + 1) \cdot \frac{\quad}{\beta}. \quad (7)$$

[ \cdot \cdot \cdot 1 \cdot 12 \cdot 2], \quad 12 = ; 2=0; k\_4 + k\_5 = 0.

$$|D(p)| = ( + 1) \cdot ( \quad^2 + \quad + 1) + k \cdot \quad^2 + (k_1 + k_2) \cdot \quad + k_1 + k_3. \quad (8)$$

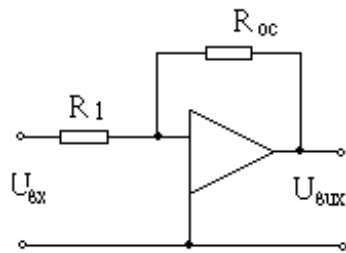
(7) (8)

n - 1

(k > 1000),

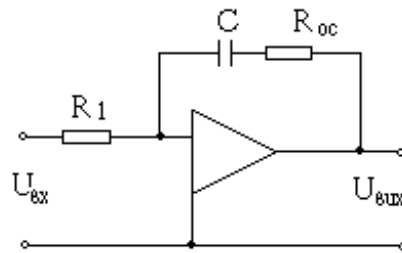
( )

.3



а)

.3.



б)

( ) - ( )

(.3, )

(.3, )

$$U' = k \cdot U, \quad (9)$$

$$k = R_{oc} / R_1.$$

$$U = \frac{k}{T_0} \cdot \int U \cdot dt + k \cdot U, \quad (10)$$

$$T_0 = R_{oc} \cdot C; k = R_{oc}/R_1.$$

1.

0.

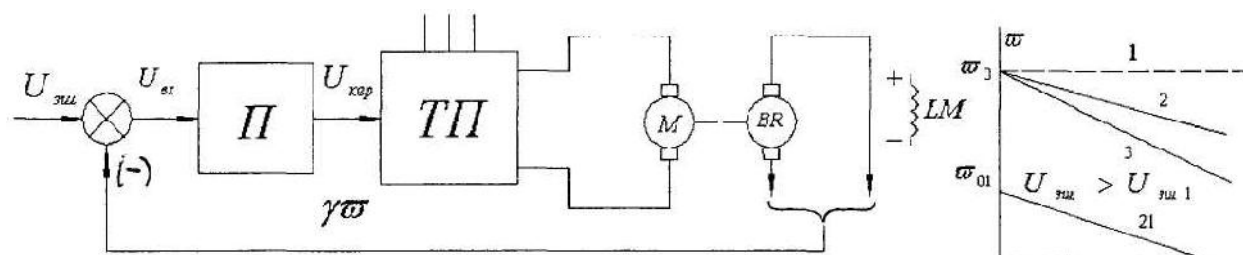
2.

3.

(0,5;

1,0;1,5; 2,0; 2,5 ).

4.



. 4.

( )

( )

BR,

(11)

$$\delta = \frac{\cdot R}{2 \cdot \cdot U} \quad (12)$$

4.( ) ; z, z<sub>3</sub>

$$\omega = \frac{K_C \cdot U}{1 + \gamma \cdot} - \frac{R}{2(1 + \gamma \cdot)}, \quad (11)$$

$$R = R + R$$

1. . . . / . . . . - . . . .  
1979. – 318 .
  2. . . . / . . . . - . . . .  
1982. – 392 .
  3. . . . / . . . . - . . . .  
1993. – 494 .
  4. . . . / . . . .  
1987. – 616 .
  5. . . . / . . . . - . . . .  
1987. – 224 .
  6. . . . / . . . . - . . . .  
1982. – 317 .
  7. . . . : . . . .  
2002. – 350 .
  8. . . . ; . . . . / . . . . - . . . .  
2010. – 298 .
- 2000:1.
- 11.03.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПРИБОРОВ НАВИГАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

О.В. Шульга

*Рассматривается способ непрерывного управления скоростью движения двигателей постоянного тока, работающих в навигационных и локационных системах, обеспечивающих необходимую траекторию движения объектов в пространстве. Предлагается математическое описание структуры двигателя постоянного тока в замкнутой системе управления с целью оптимизации его работы.*

**Ключевые слова:** суммирующий усилитель, координата, обратная связь, коррекция, рабочий орган, переходной процесс, регулятор, операционный усилитель.

### AUTOMATIC SYSTEM OF NAVIGATION DEVICES MOTION CONTROL RESEARCH USING DC MOTORS

O.V. Shulga

*DC motors, working in navigation and location systems that provide the necessary trajectory of objects in space, speed continuous control method considered. DC motor mathematical description in a closed control system proposed in order to optimize its performance.*

**Keywords:** summing amplifier, coordinate, feedback, correction, working body, transient response, controller, operational amplifier