

**ОДНОКОНТУРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
ПОЛОЖЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА
ПОСТОЯННОГО ТОКА С ЗАВИСЯЩИМ ОТ СКОРОСТИ МОМЕНТОМ
СОПРОТИВЛЕНИЯ**

Ю.П. ДОБРОБАБА, В.А. МАХОВА

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: viktorya.mah@yandex.ru*

В статье разработана одноконтурная система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления с учетом следующих допущений: реакция якоря не учитывается; момент на валу электродвигателя равен электромагнитному моменту; не учитывается влияние индуктивной якорной цепи электродвигателя.

Ключевые слова: САР, регулятор положения, угол поворота, угловая скорость, угловое ускорение.

Системы автоматического управления движением исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления содержат:

- устройство, формирующее сигнал, соответствующий диаграмме движения исполнительного органа электропривода;
- систему автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода, обрабатывающую заданный сигнал.

Типовые оптимальные по быстродействию диаграммы для малых, средних и больших перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока разработаны для систем, описываемых дифференциальными уравнениями третьего порядка [1,2]. Чтобы система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока обрабатывала заданные диаграммы перемещения без систематической ошибки по перемещению, она также должна описываться системой дифференциальных уравнений третьего порядка [1,2].

В данной работе синтезирована одноконтурная система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления, приведенная на рисунке. На рисунке приняты обозначения:

РП – регулятор положения;

ИП – импульсный преобразователь;

КУ – компенсирующее устройство;

$U_{зп}$ – задающее напряжение контура положения, В;

U – напряжения, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В;

$I_{я}$ – ток якорной цепи электродвигателя, А;

$M_{со}$ – постоянный по величине момент сопротивления электропривода, Н·м;

ε – угловое ускорение исполнительного органа электропривода, $\frac{рад}{с^2}$;

ω – угловая скорость исполнительного органа электропривода, $\frac{рад}{с}$;

φ – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;

$K_{ип}$ – коэффициент усиления ИП;

C_e – коэффициент пропорциональности между скоростью и ЭДС электродвигателя, $\frac{В \cdot с}{рад}$;

C_m – коэффициент пропорциональности между током и моментом электродвигателя, В·с;

K_c

$R_{я}$ – сопротивление якорной цепи электродвигателя, Ом;

$L_{я}$ – индуктивность якорной цепи электродвигателя, Гн;

J – момент инерции электропривода, кг·м²;

$\beta_{рп}$ – динамический коэффициент РП;

$\tau_{рп}$ – постоянная времени РП, с;

$K_{оп}$ – коэффициент обратной связи по положению, $\frac{В}{рад}$;

T_y – постоянная времени обратной связи по угловому ускорению на вход РП, с;

T_c – постоянная времени обратной связи по угловой скорости на вход РП, с;

p – комплексный параметр преобразования Лапласа, $\frac{1}{c}$.

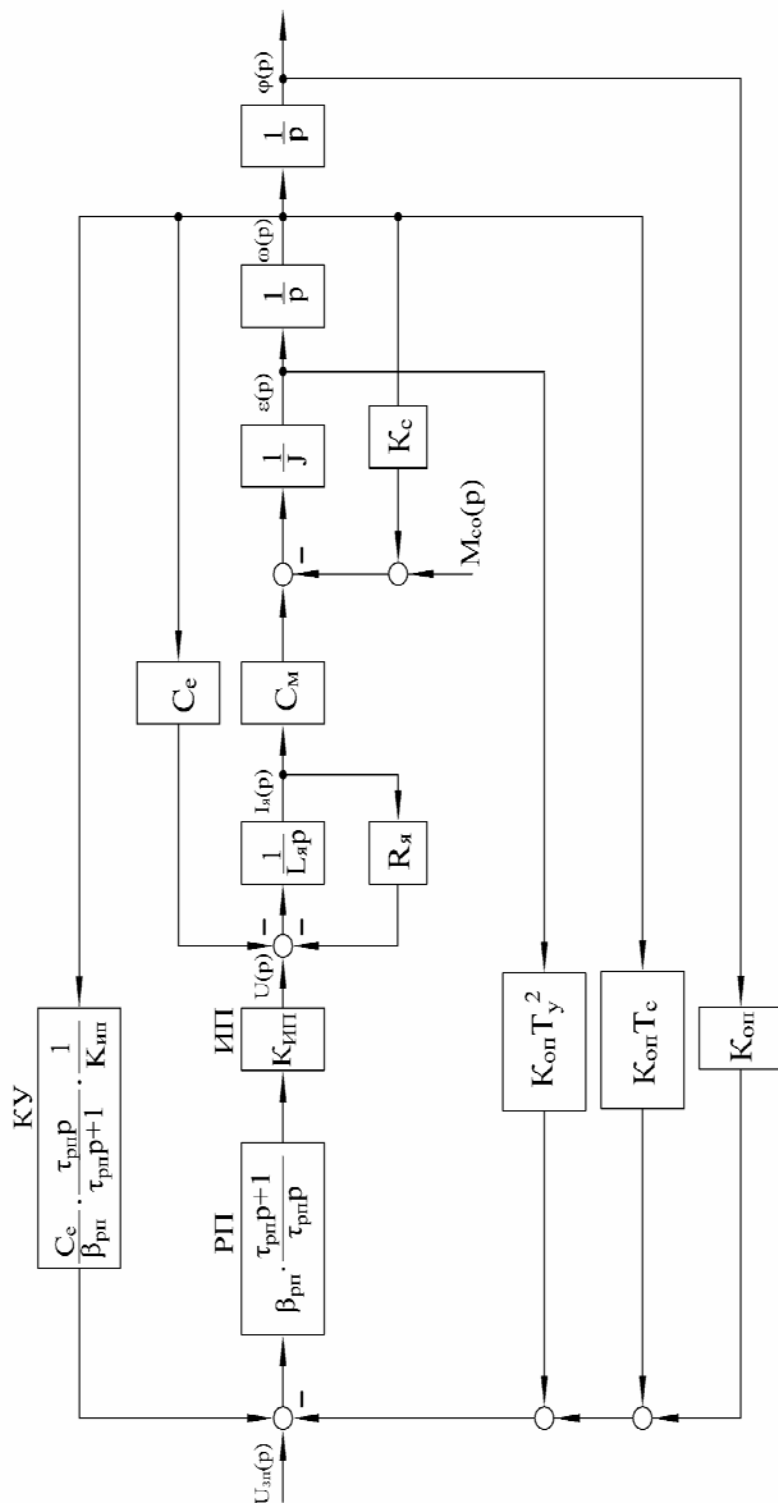


Рисунок – Структурная схема одноконтурной системы автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока

Для компенсации влияния отрицательной внутренней обратной связи по ЭДС двигателя используется компенсирующее устройство с передаточной функцией

$$W_{\text{кy}}(p) = \frac{C_e}{\beta_{\text{рп}}} \cdot \frac{\tau_{\text{рп}} p}{\tau_{\text{рп}} p + 1} \cdot \frac{1}{K_{\text{инп}}}.$$

Для одноконтурной системы автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления уравнения баланса имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} & \left[U_{\text{зп}}(p) - K_{\text{оп}} T_y^2 \cdot \varepsilon(p) - K_{\text{оп}} T_c \cdot \omega(p) - K_{\text{оп}} \cdot \varphi(p) \right] \cdot \beta_{\text{рп}} \cdot \frac{\tau_{\text{рп}} p + 1}{\tau_{\text{рп}} p} \cdot K_{\text{инп}} = U(p); \\ & U(p) = R_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}}(p) + L_{\text{я}} p \cdot I_{\text{я}}(p); \\ & C_{\text{м}} \cdot I_{\text{я}}(p) = M_{\text{со}} + K_{\text{с}} \cdot \omega(p) + J p \cdot \omega(p); \\ & \omega(p) = p \cdot \varphi(p); \\ & \varepsilon(p) = p \cdot \omega(p). \end{aligned} \right\}$$

После преобразования система дифференциальных уравнений, описывающая одноконтурную систему автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления, имеет вид:

$$\left[U_{\text{зп}}(p) - K_{\text{оп}} \cdot (T_y^2 p^2 + T_c p + 1) \cdot \varphi(p) \right] \cdot \beta_{\text{рп}} \cdot \frac{\tau_{\text{рп}} p + 1}{\tau_{\text{рп}} p} \cdot K_{\text{инп}} = R_{\text{я}} \cdot \left(\frac{L_{\text{я}}}{R_{\text{я}}} p + 1 \right) \cdot I_{\text{я}}(p).$$

Если выбрать постоянную времени регулятора положения равную

$$\tau_{\text{рп}} = \frac{L_{\text{я}}}{R_{\text{я}}},$$

то передаточные функции одноконтурной системы автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления по каналам «задающее напряжение контура положения – угол поворота исполнительного органа электропривода» и «момент сопротивления электропривода – угол поворота исполнительного органа электропривода» принимают вид:

$$\frac{\varphi(p)}{U_{зп}(p)} = \frac{1}{K_{оп}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\beta_{рп}} \cdot \frac{L_я J}{K_{ип} K_{оп} C_M} \cdot p^3 + \frac{1}{\beta_{рп}} \cdot \frac{L_я J}{K_{ип} K_{оп} C_M} \cdot p^2 + T_y^2 p^2 + T_c p + 1};$$

$$\frac{\varphi(p)}{M_{со}(p)} = -\frac{1}{\beta_{рп}} \cdot \frac{\frac{L_я}{K_{ип} K_{оп} C_M} \cdot p}{\frac{1}{\beta_{рп}} \cdot \frac{L_я J}{K_{ип} K_{оп} C_M} \cdot p^3 + \frac{1}{\beta_{рп}} \cdot \frac{L_я J}{K_{ип} K_{оп} C_M} \cdot p^2 + T_y^2 p^2 + T_c p + 1}.$$

При выборе параметров регулятора положения, постоянных времени обратных связей по угловому ускорению и угловой скорости на вход регулятора положения:

$$\beta_{рп} = 8 \cdot \frac{L_я J}{K_{ип} K_{оп} C_M T_\mu^3};$$

$$T_y^2 = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{4} \cdot \frac{K_c T_\mu}{J} \right) T_\mu^2;$$

$$T_c = T_\mu$$

передаточные функции одноконтурной системы автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода с зависящим от скорости сопротивления по каналам «задающее напряжение контура положения – угол поворота исполнительного органа электропривода» и «момент сопротивления электропривода – угол поворота исполнительного органа электропривода» принимают вид:

$$\frac{\varphi(p)}{U_{зп}(p)} = \frac{1}{K_{оп}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{8} T_\mu^3 p^3 + \frac{1}{2} T_\mu^2 p^2 + T_\mu p + 1};$$

$$\frac{\varphi(p)}{M_{со}(p)} = -\frac{1}{8} \cdot \frac{T_\mu^2}{J} \cdot \frac{T_\mu p + 1}{\frac{1}{8} T_\mu^3 p^3 + \frac{1}{2} T_\mu^2 p^2 + T_\mu p + 1}.$$

Передаточная функция одноконтурной системы автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода с зависящим от скорости сопротивления по каналу «задающее напряжение контура положения – угол поворота исполнительного органа электропривода»

соответствует эталонной передаточной функции третьего порядка с постоянной времени T_{μ} [2].

Разработанная одноконтурная система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода с зависящим от скорости сопротивления постоянного тока обеспечивает отработку типовых оптимальных по быстрдействию диаграмм для малых, средних и больших перемещений исполнительного органа электропривода без систематической ошибки по перемещению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добробаба Ю.П., Луценко Ю.П. Управление энергосберегающими позиционными электроприводами с зависящим от скорости моментом сопротивления. – Монография. Краснодар, изд-во КубГТУ – 2015. 108с.
2. Добробаба Ю.П. Электрический привод. – Учебное пособие. 2-е изд., доп. /Кубан. гос. технол. ун-т. -Краснодар: Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2013. – 302 с.

REFERENCES

- 1 Dobrobaba Yu.P., Lutsenko A. Yu. – Monograph. Krasnodar, KubSTU – 2015. – 108p.
2. Dobrobaba Yu.P. The electric drive: Textbook, the second edition, addition / KubSTU. - Krasnodar : Publishing office FSBEI HPE "KubSTU", 2013. - 302 p.

SINGLE-CIRCUIT AUTOMATIC CONTROL SYSTEM THE POSITION OF THE EXECUTIVE BODY OF THE DC ELECTRIC DRIVE WITH SPEED-DEPENDENT TORQUE

YU.P. DOBROBABA, V.A. MAKHOVA

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: viktorya.mah@yandex.ru*

The paper developed a single-loop system of automatic control of the position of the Executive body of the DC drive with a speed-dependent resistance torque based on the following assumptions: the reaction of the anchors is not taken into account; the torque on the motor shaft equal to the electromagnetic torque; is not taken into account the influence of the inductive anchor chain of the electric motor.

Key words: SAR, positioner, angle of rotation, angular velocity, angular acceleration.