

62.83.52:62.503.56

*ОДНОКОНТУРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА
ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА*

Ю.П. ДОБРОБАБА, В.А. МАХОВА, И.Н. ВИНОГРАДОВА

*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, содержащая: пропорционально-интегральный регулятор положения и отрицательные обратные связи по углу, угловой скорости и угловому ускорению исполнительного органа электропривода. Система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока отрабатывает заданные диаграммы перемещения без систематической ошибки.

Ключевые слова: система автоматического регулирования положения, регулятор положения, угол поворота, угловая скорость, угловое ускорение.

Системы автоматического управления движением исполнительного органа электропривода постоянного тока содержат:

устройство, формирующее сигнал, соответствующий диаграмме движения исполнительного органа электропривода;

систему автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода, отрабатывающую заданный сигнал.

Типовые оптимальные по быстрдействию диаграммы для малых, средних и больших перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока разработаны для систем, описываемых дифференциальными уравнениями третьего порядка. Чтобы система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока отрабатывала 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, 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;

$M_{со}$ – 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;

$R_я$ – сопротивление якорной цепи электродвигателя, Ом;

$L_я$ – индуктивность якорной цепи электродвигателя, Гн;

J – момент инерции электропривода, кг·м²;

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

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

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

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, $\frac{1}{c}$.

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

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

Для одноконтурной системы автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока уравнения баланса имеют вид:

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

После преобразования система дифференциальных уравнений, описывающая одноконтурную систему автоматического регулирования

положения исполнительного органа электропривода постоянного тока, имеет вид:

$$\left[U_{зп}(p) - K_{оп} \cdot (T_y^2 p^2 + T_c p + 1) \cdot \varphi(p) \right] \cdot \beta_{рп} \cdot \frac{\tau_{рп} p + 1}{\tau_{рп} p} \cdot K_{ип} = R_я \cdot \left(\frac{L_я}{R_я} p + 1 \right) \cdot I_я(p).$$

Если выбрать постоянную времени регулятора положения равную

$$\tau_{рп} = \frac{L_я}{R_я},$$

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

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

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

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

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

$$T_y^2 = \frac{1}{2} T_\mu^2;$$

$$T_c = T_\mu$$

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

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

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

Передаточная функция одноконтурной системы автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода по каналу «задающее напряжение контура положения – угол поворота исполнительного органа электропривода» соответствует эталонной передаточной функции третьего порядка с постоянной времени T_{μ} [3].

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Добробаба Ю.П., Хорцев А.Л. Особо точный позиционный электропривод постоянного тока. – Монография. Краснодар, изд-во КубГТУ – 2014. 104с.

2. Добробаба Ю.П., Кузьмина И.Б. Прецизионный позиционный электропривод переменного тока с упругим валопроводом. – Монография. Краснодар, изд-во КубГТУ – 2015. 132с.

3. 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 Ju.P.,Khortsev A.L. – Monograph. Krasnodar, KubSTU – 2014. – 104p.

2 Dobrobaba Yu.P., Kuzmina I.B. Precision position AC drive with an elastic shafting: monograph / KubSTU. - Krasnodar : Publishing office FSBEI HPE "KubSTU", 2015. - 132 p.

3. Dobrobaba Yu.P. The electric drive: Textbook, the second edition, addition / KubSTU. - Krasnodar : Publishing office FSBEI HPE "KubSTU", 2013. - 302 p.

SINGLE-CIRCUIT SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF THE POSITION OF THE EXECUTIVE BODY OF THE DC DRIVE

Yu.P. DOBROBABA, V.A. MAKHOVA, I.N. VINOGRADOVA

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

In this article a single-circuit system of automatic control of the position of the Executive body of the DC electric drive, comprising: a proportional-integral control of the situation and negative feedback by the angle, angular velocity and angular acceleration of the Executive body of the actuator. A system for automatically adjusting the position of the Executive body of the DC drive fulfills the specified chart movement without systematic errors.

Keywords: system of automatic control position, the positioner, angle of rotation, angular velocity, angular acceleration.

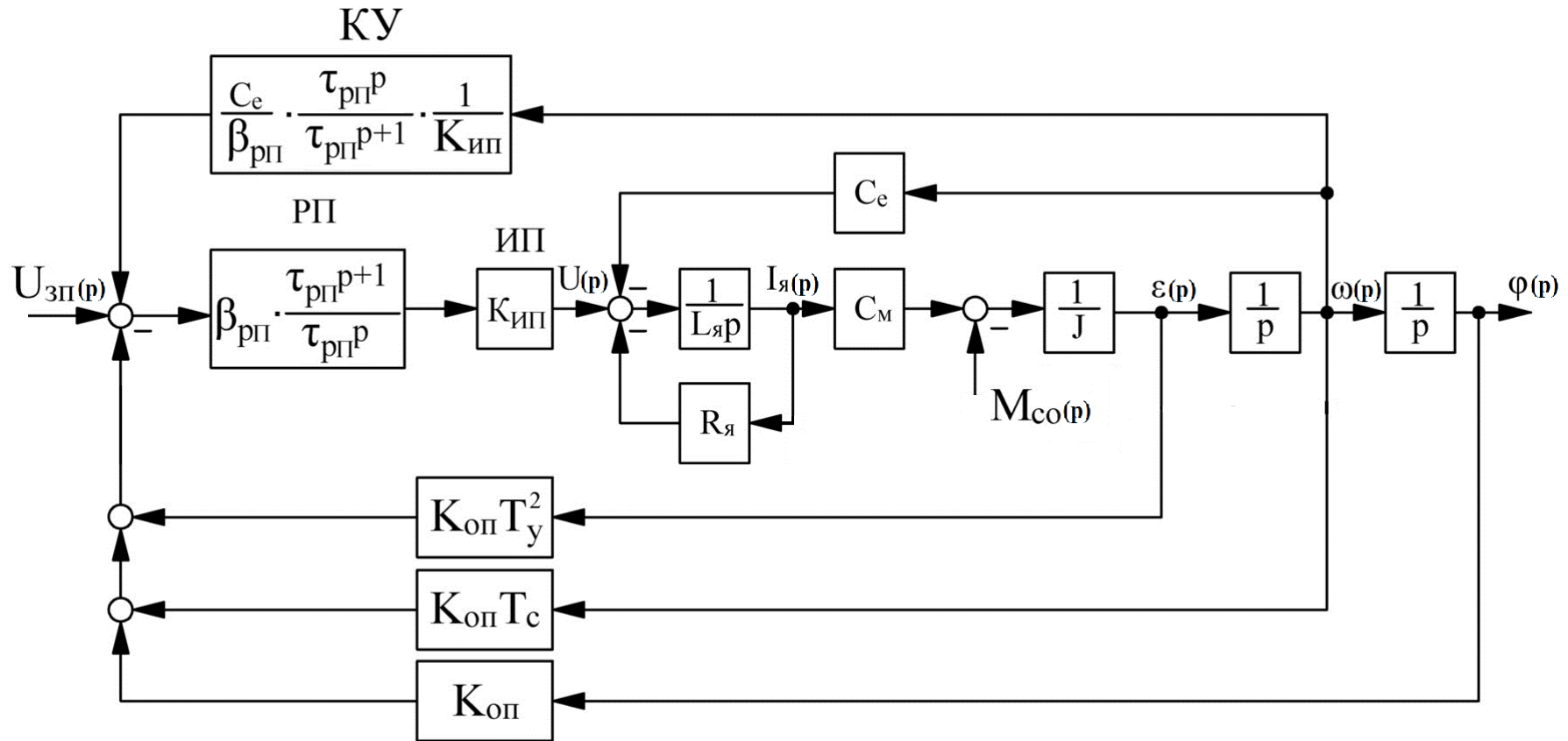


Рисунок – Структурная схема одноконтурной системы автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока