

62.83.52:62.503.56

СИНТЕЗ ОДНОКОНТУРНОЙ САР УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

SYNTHESIS OF SINGLE-CIRCUIT ACS OF THE ANGULAR VELOCITY OF THE EXECUTIVE BODY OF THE ELECTRIC DRIVE WITH IMPROVED CHARACTERISTICS

Добробаба Юрий Петрович

кандидат технических наук,
доцент, профессор кафедры
электроснабжения промышленных предприятий,
Кубанский государственный
технологический университет

Кошкин Гордей Анатольевич

кандидат технических наук,
начальник цеха,
НКУ ООО «Прогресс»

Диканский Артем Александрович

Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. Предлагается одноконтурная САР угловой скорости исполнительного органа электропривода.

Разработан первый алгоритм для определения параметров регулятора и корректора, при котором система обеспечивает максимально возможное быстродействие контура скорости с 5% перерегулированием при ступенчатом воздействии по задающему напряжению.

Разработан второй алгоритм для определения параметров регулятора и корректора, при котором система обеспечивает максимально возможное быстродействие контура скорости без перерегулирования при ступенчатом воздействии по задающему напряжению.

Ключевые слова: система автоматического регулирования (САР), электропривод, положение исполнительного органа, угловая скорость.

Dobrobaba Yury Petrovich

Candidate of technical Sciences,
Associate Professor,
Professor of department
of power supply industrial enterprises,
Kuban state technological university

Koshkin Gordey Anatolievich

Candidate of technical Sciences,
Foreman,
NKU LLS Progress

Dikanskiy Artiom Aleksandrovich

Kuban state technological university

Annotation. Proposed a single-circuit ACS of the angular velocity of the executive body of the electric drive.

Developed the first algorithm for determining the parameters of the regulator and corrector in which the system provides the maximum possible speed of the speed circuit with 5% overshoot at a step effect on the set voltage.

Developed the second algorithm for determining the parameters of the regulator and corrector in which the system provides the maximum possible speed of the speed circuit without overshoot at a step effect on the set voltage.

Keywords: automatic control system (ACS), electric drive, position of the executive body, angular velocity.

В настоящее время для регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока синтезированы: одноконтурная [1], двухконтурная [2] и трехконтурная [3] системы автоматического регулирования (САР).

В данной работе выполнен синтез одноконтурной САР регулирования угловой скорости исполнительного органа электропривода постоянного тока с улучшенными характеристиками.

На рисунке 1 приведена структурная схема САР угловой скорости исполнительного органа электропривода с улучшенными характеристиками. На рисунке приняты следующие обозначения:

Φ – фильтр;

P – регулятор;

K – корректор;

ИП – импульсный преобразователь;

КУ – компенсирующее устройство;

$U_{3с}$ – задающее напряжение контура скорости, В;

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

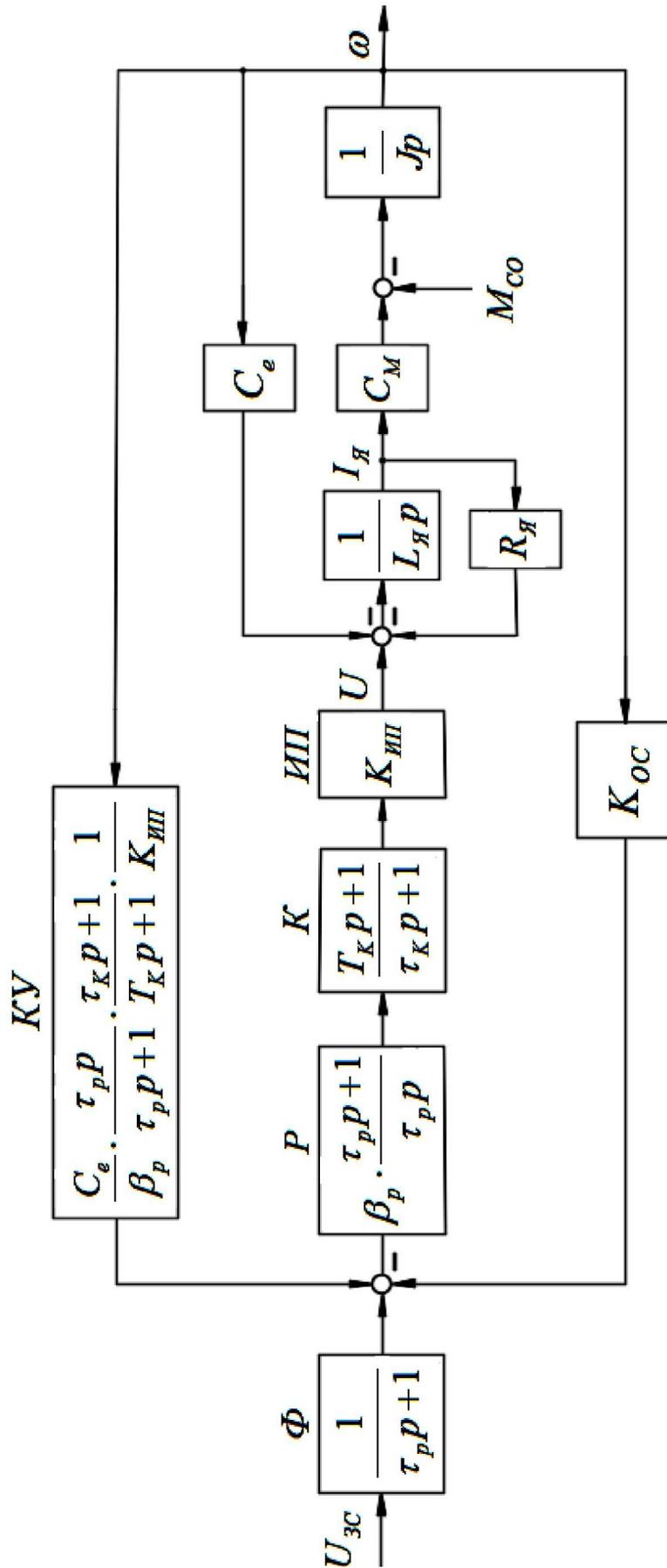


Рисунок 1 – Структурная схема одноконтурной САР угловой скорости исполнительного органа электропривода с улучшенными характеристиками

- $I_{Я}$ – ток якорной цепи электродвигателя, А;
 ω – угловая скорость исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$;
 M_{CO} – момент сопротивления электропривода, Н·м;
 β_p – динамический коэффициент регулятора;
 τ_p – постоянная времени регулятора, с;
 T_k, τ_k – постоянные времени корректора, с;
 $K_{ИП}$ – коэффициент усиления ИП;
 C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью и ЭДС электродвигателя, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$;
 C_M – коэффициент пропорциональности между током и моментом электродвигателя, В·с;
 $L_{Я}$ – индуктивность якорной цепи электродвигателя, Гн;
 $R_{Я}$ – сопротивление якорной цепи электродвигателя, Ом;
 J – момент инерции исполнительного органа электропривода, кг·м²;
 K_{OC} – коэффициент обратной связи по скорости,

В САР угловой скорости исполнительного органа электропривода для компенсации влияния внутренней обратной связи по ЭДС двигателя предусмотрено компенсирующее устройство.

При этом для САР угловой скорости исполнительного органа электропривода справедлива система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[\frac{1}{\tau_p p + 1} \cdot U_{ЗС} - K_{OC} \cdot \omega \right] \cdot \beta_p \cdot \frac{\tau_p p + 1}{\tau_p p} \cdot \frac{T_k p + 1}{\tau_k p + 1} \cdot K_{ИП} = R_{Я} \cdot \left(\frac{L_{Я}}{R_{Я}} + 1 \right) \cdot I_{Я}; \\ C_M I_{Я} = M_{CO} + J p \omega. \end{array} \right.$$

Если принять, что $T_k = \frac{L_{Я}}{R_{Я}}$, то после преобразований система уравнений представима в виде уравнения:

$$\left[\frac{1}{\beta_p} \cdot \frac{R_{Я} J}{K_{ИП} K_{OC} C_M} \cdot \tau_k \tau_p p^3 + \frac{1}{\beta_p} \cdot \frac{R_{Я} J}{K_{ИП} K_{OC} C_M} \cdot \tau_p p^2 + \tau_p p + 1 \right] \cdot \omega = \frac{U_{ЗС}}{K_{OC}} - \frac{1}{\beta_p} \cdot \frac{R_{Я}}{K_{ИП} K_{OC} C_M} \cdot \tau_p p \cdot (\tau_k p + 1) \cdot M_{CO}$$

В работе предлагаются два варианта синтеза САР угловой скорости исполнительного органа электропривода.

Вариант 1

При выборе параметров регулятора и корректора в соответствии с формулами:

$$\beta_p = 2 \cdot \frac{R_{Я} J}{K_{ИП} K_{OC} C_M T_{\mu}}; \tau_p = T_{\mu}; \tau_k = \frac{1}{4} T_{\mu}$$

передаточные функции САР угловой скорости исполнительного органа электропривода по каналам «задающее напряжение контура скорости – угловая скорость исполнительного органа электропривода» и «момент сопротивления электропривода – угловая скорость исполнительного органа электропривода» принимают вид:

$$\frac{\omega(p)}{U_{ЗС}(p)} = \frac{1}{K_{OC}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{8} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{2} T_{\mu}^2 p^2 + T_{\mu} p + 1};$$

$$\frac{\omega(p)}{M_{CO}(p)} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{T_{\mu}}{J} \cdot \frac{\frac{1}{4} T_{\mu}^2 p^2 + T_{\mu} p}{\frac{1}{8} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{2} T_{\mu}^2 p^2 + T_{\mu} p + 1},$$

где T_{μ} – некомпенсируемая постоянная времени, с.

При нанесении ступенчатого внешнего воздействия по задающему напряжению контура скорости и нулевых начальных условиях зависимость угловой скорости исполнительного органа электропривода от времени описывается формулой:

$$\omega(t) = \left[1 - e^{-\frac{t}{T_{\mu}}} - \frac{2\sqrt{3}}{3} \cdot e^{-\frac{t}{T_{\mu}}} \cdot \sin\left(\sqrt{3} \cdot \frac{t}{T_{\mu}}\right) \right] \cdot \frac{U_{3C}}{K_{OC}}$$

Таким образом, одноконтурная САР угловой скорости исполнительного органа электропривода с улучшенными характеристиками обрабатывает управляющее воздействие с максимально возможным быстродействием при 5% перерегулировании.

Вариант 2

При выборе параметров регулятора и корректора в соответствии с формулами:

$$\beta_p = 3 \cdot \frac{R_{ЯJ}}{K_{ИП} K_{OC} C_M T_{\mu}}; \tau_p = T_{\mu}; \tau_K = \frac{1}{9} T_{\mu}$$

передаточные функции САР угловой скорости исполнительного органа электропривода по каналам «задающее напряжение контура скорости – угловая скорость исполнительного органа электропривода» и «момент сопротивления электропривода – угловая скорость исполнительного органа электропривода» принимают вид:

$$\frac{\omega(p)}{U_{3C}(p)} = \frac{1}{K_{OC}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{27} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{3} T_{\mu}^2 p^2 + T_{\mu} p + 1};$$

$$\frac{\omega(p)}{M_{CO}(p)} = -\frac{1}{3} \cdot \frac{T_{\mu}}{J} \cdot \frac{\frac{1}{9} T_{\mu}^2 p^2 + T_{\mu} p}{\frac{1}{27} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{3} T_{\mu}^2 p^2 + T_{\mu} p + 1}$$

При нанесении ступенчатого внешнего воздействия по задающему напряжению контура скорости и нулевых начальных условиях зависимость угловой скорости исполнительного органа электропривода от времени описывается формулой:

$$\omega(t) = \left[1 - \left(1 - 3 \cdot \frac{t}{T_{\mu}} - \frac{9}{2} \cdot \frac{t^2}{T_{\mu}^2} \right) \cdot e^{-3 \cdot \frac{t}{T_{\mu}}} \right] \cdot \frac{U_{3C}}{K_{OC}}$$

Таким образом, одноконтурная САР угловой скорости исполнительного органа электропривода с улучшенными характеристиками обрабатывает управляющее воздействие с максимально возможным быстродействием без перерегулирования.

Выводы

Синтезированы два варианта одноконтурной САР угловой скорости исполнительного органа электропривода с улучшенными характеристиками.

При выборе параметров регулятора и корректора в соответствии с первым алгоритмом система обеспечивает максимально возможное быстродействие с 5% перерегулированием при обработке управляющего воздействия.

При выборе параметров регулятора и корректора в соответствии со вторым алгоритмом система обеспечивает максимально возможное быстродействие без перерегулирования при обработке управляющего воздействия.

Литература:

1. Добрабаба Ю.П., Махова В.А., Виноградова И.Н. Одноконтурная система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока // Научные труды КубГТУ. – 2015. – № 5. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/419>
2. Добрабаба Ю.П., Махова В.А., Спичак Д.С. Двухконтурная система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока // Научные труды КубГТУ. – 2015. – № 5. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/421>
3. Добрабаба Ю.П., Махова В.А., Миронюк С.Г. Трехконтурная система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока // Научные труды КубГТУ. – 2015. – № 5. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/420>

References:

1. Dobrobab Yu.P., Makhova VA., Vinogradov I.N. One-planimetric system of automatic control of position of executive body of the electric drive of a direct current // Scientific works of KubGTU. – 2015. – No. 5. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/419>
2. Dobrobab Yu.P., Makhova VA., Spichak D.S. Double-circuit system of automatic control of position of executive body of the electric drive of a direct current // Scientific works of KubGTU. – 2015. – No. 5. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/421>
3. Dobrobab Yu.P., Makhova VA., Mironyuk S.G. Three-planimetric system of automatic control of position of executive body of the electric drive of a direct current // Scientific works of KubGTU. – 2015. – No. 5. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/420>