

УДК 62.83.52:62.503.56

СИНТЕЗ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ АСТАТИЧЕСКОЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

THE SYNTHESIS OF THE UPGRADED ASTATIC SECOND ORDER SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF THE POSITION OF THE ACTUATOR DC ELECTRIC DRIVE

Добробаба Юрий Петрович

кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры электроснабжения
промышленных предприятий,
Кубанский государственный
технологический университет
itstimetoprivod@yahoo.com

Кошкин Гордей Анатольевич

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

Прохоренко Никита Ярославович

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
classyadvets@gmail.com

Аннотация. Модернизированная астатическая первого порядка система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока состоит из трёх контуров: тока, скорости и положения. Контур тока содержит регулятор тока; контур скорости содержит регулятор скорости, корректор контура скорости и фильтр контура скорости; контур положения содержит регулятор положения. За счет замены закона регулирования в регуляторе положения с пропорционального на пропорционально интегральный и введения фильтра контура положения удалось получить систему автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока, обеспечивающую астатизм второго порядка.

Ключевые слова: электропривод; постоянный ток; астатизм; САР.

Dobrobaba Yury Petrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor, professor of department
of power supply industrial enterprises,
Kuban state technological university
itstimetoprivod@yahoo.com

Koshkin Gordey Anatolyevich

Candidate of technical sciences,
Foreman,
NKU, LLCProgress

Prokhorenko Nikita Yaroslavovich

Student,
Kuban state technological university
classyadvets@gmail.com

Annotation. Modernized first-order astatic system of automatic control of position of the actuator DC electric drive consists of three circuits: current, speed and position. The current loop includes the current controller; the speed loop includes a speed controller, the corrector circuit speed and filter the speed loop; the position loop contains the controller status. Due to the replacement of the control law in the position controller with proportional integral and proportional on the introduction of the filter of the position loop managed to get a system for automatic regulation of the position of the actuator DC electric drive, which provides the astaticism of the second order.

Keywords: electric motor drives; direct current; astatic; SAR.

В монографии [1] представлена модернизированная система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока, обеспечивающая астатизм первого порядка.

В данной работе синтезирована модернизированная система автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода постоянного тока, обеспечивающая астатизм второго порядка. Система состоит из трёх контуров: тока, скорости и положения.

На рисунке 1 представлена структурная схема модернизированной астатической второго порядка системы автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода, где приняты следующие обозначения:

- КУ – компенсирующее устройство;
- ФКП – фильтр контура положения;
- РП – регулятор положения;
- ФКС – фильтр контура скорости;

РС	– регулятор скорости;
ККС	– корректор контура скорости;
РТ	– регулятор тока;
ИП	– импульсный преобразователь;
$U_{зп}$	– задающее напряжение контура положения, В;
$U_{зс}$	– задающее напряжение контура скорости, В;
$U_{зт}$	– задающее напряжение контура тока, В;
$U_{упр}$	– напряжение управления, В;
U	– напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В;
$I_{я}$	– ток якорной цепи электродвигателя, А;
$M_{со}$	– постоянный по величине момент сопротивления электропривода, Н·м;
ω	– угловая скорость исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$;
φ	– угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;
$K_{уп}$	– коэффициент усиления импульсного преобразователя;
C_e	– коэффициент пропорциональности между угловой скоростью исполнительного органа электропривода и ЭДС электродвигателя, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$;
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·м ² .
$K_{от}$	– коэффициент обратной связи по току, Ом;
$K_{ос}$	– коэффициент обратной связи по скорости, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$;
$K_{оп}$	– коэффициент обратной связи по положению, $\frac{\text{В}}{\text{рад}}$;

$$W_{ку}(p) = \frac{C_e}{\beta_{рп}} \cdot \frac{\tau_{рп} p}{\tau_{рп} p + 1} \cdot \frac{1}{K_{уп}};$$

$$W_{фкл}(p) = \frac{1}{\tau_{рп} p + 1};$$

$$W_{рп}(p) = \beta_{рп} \cdot \frac{\tau_{рп} p + 1}{\tau_{рп} p};$$

$$W_{фкс}(p) = \frac{1}{\tau_{рс} p + 1};$$

$$W_{рс}(p) = \beta_{рс} \cdot \frac{\tau_{рп} p + 1}{\tau_{рс} p};$$

$$W_{ккс}(p) = \frac{\tau_c p + 1}{T_c p + 1};$$

$$W_{рп}(p) = \beta_{рп} \cdot \frac{\tau_{рп} p + 1}{\tau_{рп} p};$$

$\tau_{рп}$	– постоянная времени регулятора положения, с;
$\beta_{рп}$	– динамический коэффициент регулятора положения;
$\tau_{рс}$	– постоянная времени регулятора скорости, с;
$\beta_{рс}$	– динамический коэффициент регулятора скорости;
τ_c, T_c	– постоянные времени корректора контура скорости, с;
$\tau_{рп}$	– постоянная времени регулятора тока, с;
$\beta_{рп}$	– динамический коэффициент регулятора тока;
p	– комплексный параметр преобразования Лапласа, 1/с.

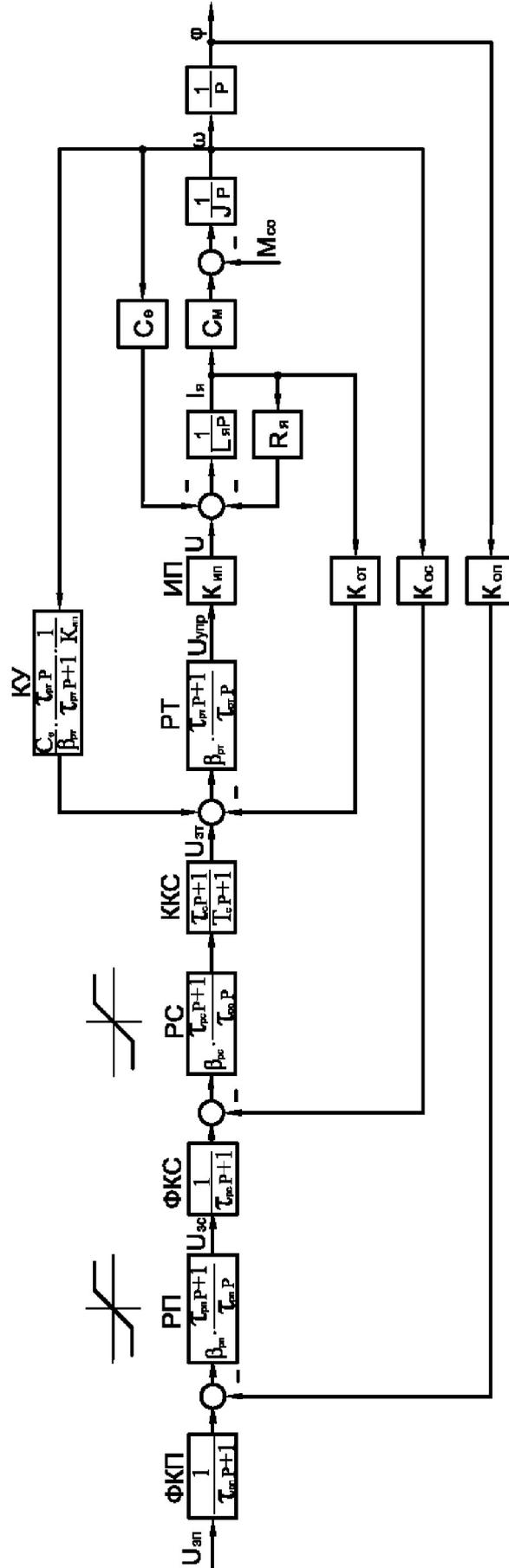


Рисунок 1 – Структурная схема модернизированной астатической второго порядка системы автоматического регулирования положения исполнительного органа электропривода

Контур тока содержит регулятор тока с передаточной функцией:

$$W_{pm}(p) = \beta_{pm} \cdot \frac{\tau_{pm}p + 1}{\tau_{pm}p}.$$

Если выбрать параметры регулятора тока равными: $\beta_{pm} = \frac{L_{я}}{K_{уп}K_{ом}K_{\mu}}$, то передаточная функция контура тока по каналу «задающее напряжение контура тока – ток якорной цепи электродвигателя» имеет вид передаточной функции первого порядка с постоянной времени T_{μ} :

$$\frac{I_{я}(p)}{U_{зм}(p)} = \frac{1}{K_{ом}} \cdot \frac{1}{T_{\mu}p + 1}.$$

Контур скорости содержит регулятор скорости, корректор контура скорости и фильтр контура скорости с передаточными функциями: $W_{pc}(p) = \beta_{pc} \cdot \frac{\tau_{pm}p + 1}{\tau_{pc}p}$;

$$W_{ккс}(p) = \frac{\tau_c p + 1}{T_c p + 1}; W_{фкс}(p) = \frac{1}{\tau_{pc}p + 1}.$$

Если выбрать параметры регулятора скорости, корректора контура скорости и фильтра контура скорости равными: $\beta_{pc} = 2 \cdot \frac{K_{ом}J}{K_{ос}C_M T_{\mu}}$; $\tau_{pc} = T_{\mu}$; $\tau_c = T_{\mu}$; $T_c = \frac{1}{4}T_{\mu}$, то передаточные функции контура скорости по каналам «задающее напряжение контура скорости – угловая скорость исполнительного органа электропривода» и «момент сопротивления электропривода – угловая скорость исполнительного органа электропривода» принимают вид:

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

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

Передаточная функция контура скорости по каналу «задающее напряжение контура скорости – угловая скорость исполнительного органа электропривода» соответствует эталонной передаточной функции третьего порядка с постоянной времени T_{μ} .

Контур положения содержит регулятор положения и фильтр контура положения с передаточными функциями:

$$W_{pl}(p) = \beta_{pl} \cdot \frac{\tau_{pm}p + 1}{\tau_{pm}p};$$

$$W_{фкл}(p) = \frac{1}{\tau_{pm}p + 1}.$$

Если выбрать параметры регулятора положения и фильтра контура положения равными: $\beta_{pl} = \frac{1}{2} \cdot \frac{K_{ос}}{K_{оп}T_{\mu}}$; $\tau_{pl} = 4T_{\mu}$, то передаточные функции контура положения по каналам «задающее напряжение контура положения – угол поворота исполнительного органа электропривода» и «момент сопротивления электропривода – угол поворота исполнительного органа электропривода» принимают вид:

$$\frac{\varphi(p)}{U_{зп}(p)} = \frac{1}{K_{оп}} \cdot \frac{1}{T_{\mu}^5 p^5 + 4T_{\mu}^4 p^4 + 8T_{\mu}^3 p^3 + 8T_{\mu}^2 p^2 + 4T_{\mu} p + 1};$$
$$\frac{\varphi(p)}{M_{ос}(p)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{T_{\mu}^2}{J} \cdot \frac{2T_{\mu}^3 p + 8T_{\mu}^2 p^2}{T_{\mu}^5 p^5 + 4T_{\mu}^4 p^4 + 8T_{\mu}^3 p^3 + 8T_{\mu}^2 p^2 + 4T_{\mu} p + 1}.$$

Передаточная функция контура положения по каналу «задающее напряжение контура положения – угол поворота исполнительного органа электропривода» имеет вид передаточной функции пятого порядка с постоянной времени $4T_{\mu}$.

Так как передаточная функция контура положения по каналу «момент сопротивления электропривода – угол поворота исполнительного органа электропривода» имеет в числителе члены второго и третьего порядка, то модернизированная система автоматического регулирования исполнительного органа электропривода постоянного тока обеспечивает астатизм второго порядка.

Литература:

1. Добробаба Ю.П., Коноплин В.И. Микропозиционный программно-управляемый электропривод с упругим валопроводом : Монография / Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар : Изд. КубГТУ, 2008. – 156 с.

References:

1. Dobrobab Yu.P., Konoplin V.I. The microposition program-controlled electric drive with the elastic shaft line : Monograph / Kuban state technological university. – Krasnodar : Prod. KubGTU, 2008. – 156 p.