

*Н.В. АНИЩЕНКО*, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ", Харьков  
*Д.А. АРТЕМЕНКО*, студент, НТУ "ХПИ", Харьков

## СИНТЕЗ СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ С КОМБИНИРОВАННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Запропонована математична модель та структурна схема слідкуючого електропривода з комбінованим керуванням. Виконано моделювання приводу для різних режимів обробки.

Предложена математическая модель и структурная схема следящего электропривода с комбинированным управлением. Выполнено моделирование привода для различных режимов обработки.

**Введение.** При построении высокоточных электроприводов подачи металлорежущих станков с ЧПУ решается задача повышения точности обработки заданного входного воздействия. В приводах станков для уменьшения величины ошибки в основном применяют комбинированное управление [1].

**Цель работы** – анализ статических и динамических характеристик следящего электропривода с комбинированным управлением, как по управляющему, так и по возмущающему воздействию.

**Общие положения.** Следящий электропривод подачи металлорежущих станков представляет собой трехконтурную систему подчиненного регулирования положения с внутренними контурами регулирования скорости и тока. При этом регулятор положения является пропорциональным, а регуляторы скорости и тока представляют собой пропорционально-интегральные регуляторы. Настройка всех регуляторов является стандартной с заданными показателями качества, и следящий электропривод представляет собой систему с астатизмом первого порядка.

Одним из наиболее распространенных входных воздействий следящего ЭП является сигнал, изменяющийся с постоянной скоростью. При его подаче на вход следящего ЭП величина установившейся ошибки (погрешность) определяется скоростной составляющей

$$\Delta_{\text{уст}} = \Delta_{\text{ск}} = \frac{\omega_3}{K} = \frac{\omega_3}{D_\omega}, \quad (1)$$

где  $\Delta_{\text{ск}}$  – скоростная погрешность,  $\omega_3$  – скорость изменения входного сигнала,  $D_\omega = K$  – добротность следящей системы по угловой скорости,  $K$  –

коэффициент передачи разомкнутой системы по каналу управления.

Скоростная погрешность определяется отставанием рабочего органа станка от заданного положения при движении с постоянной скоростью.

Динамические погрешности в СЭП возникают при изменении задающего сигнала или момента статической нагрузки, т.е. в переходных режимах. Динамическая погрешность при изменении задания скорости возникает вследствие инерционности привода, не успевающего мгновенно обрабатывать изменения входного сигнала. Динамическая погрешность при изменении возмущающего воздействия в виде момента статической нагрузки определяется параметрами регулируемого привода и добротностью СЭП по моменту.

В данной работе рассматривается построение системы комбинированного управления для уменьшения величины установившейся скоростной и динамической статической погрешности.

**Структура системы комбинированного управления.** Структурная схема исследуемого электропривода с устройством косвенного измерения возмущающего воздействия приведена на рис. 1.

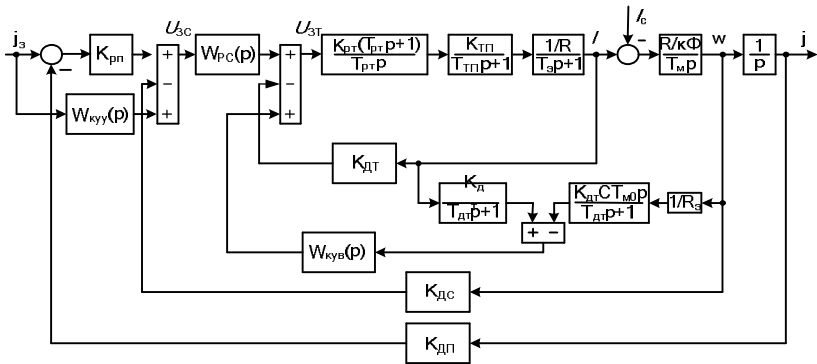


Рис. 1.

Передаточная функция корректирующего устройства  $W_{кву}(p)$  для компенсации скоростной составляющей установившейся ошибки (по управлению) определяется выражением

$$W_{\text{сд}}(p) = 1/W_i(p), \quad (2)$$

где  $W_o(p)$  – передаточная функция объекта.

В следящем ЭП передаточная функция объекта состоит из передаточной функции замкнутого контура скорости и интегрирующего звена:

$$W_o = W_{зкс}(p)/p. \quad (3)$$

Если пренебречь инерционностью замкнутого контура регулирования скорости, то функция  $W_{куу}(p)$  значительно упростится, что обеспечит инвариантность относительно  $\varepsilon$ . Тогда

$$W_{\varepsilon\delta\delta}(p) = pk_{\Delta\bar{N}}, \quad (4)$$

где  $k_{ДС}$  - коэффициент передачи датчика скорости системы подчиненного регулирования скорости.

Таким образом, на вход регулятора скорости будет подан компенсирующий сигнал в виде первой производной входного сигнала следящего электропривода. Этот сигнал соответствует скорости изменения входного сигнала  $\omega_3$ .

Передаточная функция  $W_{кув}(p)$  для компенсации статической составляющей погрешности (по возмущению) предложена в [2]. На основании проведенного в [2] анализа корректирующих устройств в работе используется устройство с передаточной функцией:

$$W_{кув}(p) = \frac{k_{дГ}(\tau_1 p + 1)}{k_{д}(\tau_2 p + 1)}, \quad (5)$$

$k_{дГ}$  - коэффициент усиления датчика тока системы подчиненного регулирования скорости,  $k_{д}$  - коэффициент усиления датчика тока устройства косвенного измерения возмущения,  $\tau_1 = 1,1$  ат  $T_{\mu}$ ,  $\tau_2 = 0,1$   $\tau_1$ , ат - соотношение постоянных времени контура тока,  $T_{\mu}$  - некомпенсируемая постоянная времени контура тока.

**Моделирование.** Система комбинированного управления, приведенная на рис. 1, была исследована с использованием пакета Matlab. При моделировании было отработано угловое перемещение 100 рад. Графики переходных процессов приведены на рис. 2-5.

Рис. 2 и 3 соответствуют режиму черновой обработки, для которого характерны низкие скорости вращения и значительные усилия резания. При моделировании движения с установившейся скоростью 5 рад/с произведен наброс номинальной нагрузки. При отсутствии дополнительного канала комбинированного управления (рис. 2) величина скоростной установившейся ошибки равна 0,24 рад, а величина динамической статической ошибки – 0,075 рад. При комбинированном управлении (рис. 3) скоростная ошибка равна нулю, а статическая – 0,035 рад. Рис. 4 и 5 соответствуют режиму чистовой обработки, для которого характерны высокие скорости вращения и низкие усилия резания. При моделировании движения с установившейся скоростью 20 рад/с произведен наброс нагрузки до 10% от номинальной.

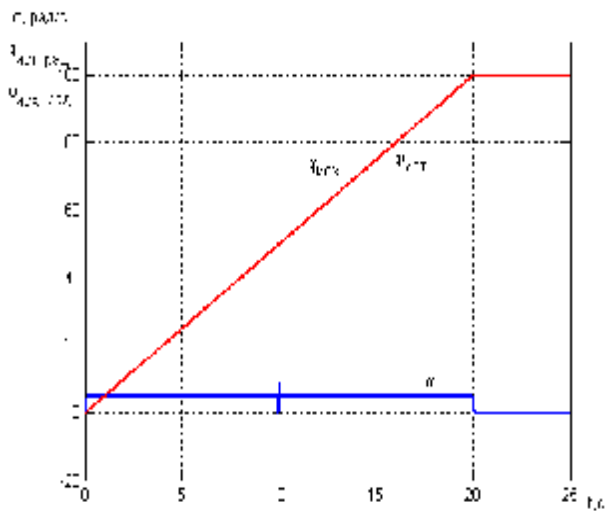


Рис. 2.

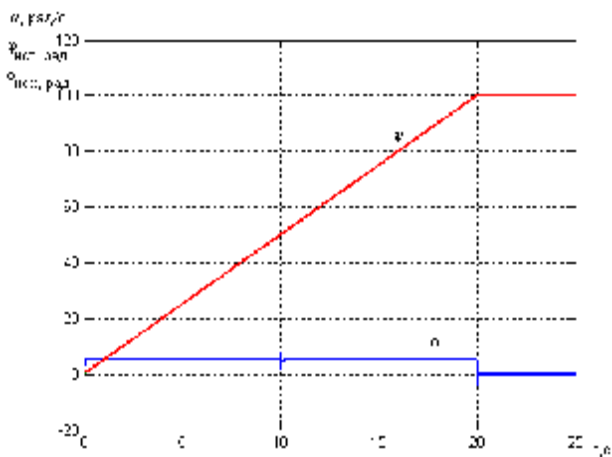


Рис. 3.

При отсутствии канала комбинированного управления (рис. 4) величина скоростной ошибки составляет 0,95 рад. При комбинированном управлении (рис. 5) скоростная ошибка равна нулю. Величина динамической ошибки по моменту статической нагрузки очень мала.

**Выводы.** Применение комбинированного управления позволяет исключить установившуюся скоростную ошибку и уменьшить величину динамической статической ошибки в режиме черновой обработки.

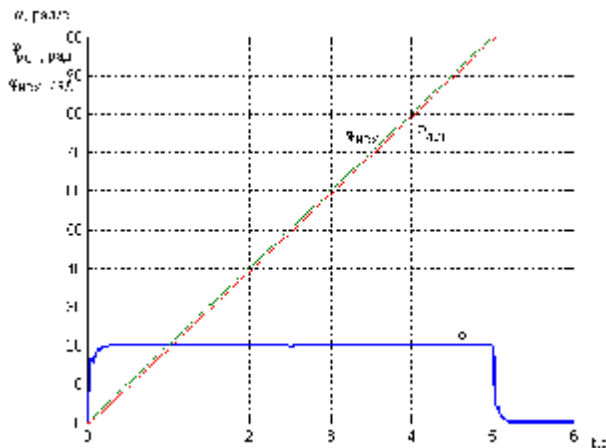


Рис. 4.

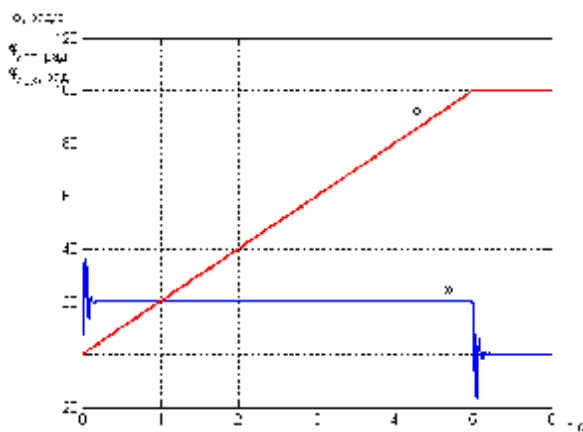


Рис. 5.

**Список литературы:** 1. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. М.: Наука, 1989. 2. Анищенко Н.В. Анализ влияния вида корректирующих устройств на динамику электропривода с комбини-

рованным управлением // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Зб. наук. праць. Тематичний вип.: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2009. – №41. –С. 3-7.



**Анищенко Николай Васильевич**, доцент, кандидат технических наук. Защитил диплом инженера в Харьковском политехническом институте по специальности электрификация промышленных предприятий в 1982 г., диссертацию кандидата технических наук по специальности роботы и манипуляторы в 1987 г. Профессор кафедры "Автоматизированные электромеханические системы" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт".

Научные интересы связаны с проблемами управления электроприводами металлорежущих станков с ЧПУ, исследования электродвигателей малой мощности для электробытовой техники.



**Артеменко Дмитрий Андреевич**, студент 6 курса (магистратура) кафедры "Автоматизированные электромеханические системы" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт".

*Поступила в редколлегию 28.05.2010*