

## ВЗАЄМОЗВ'ЯЗАНА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА МЕТАЛООБРОБКИ РІЗАННЯМ

Теряєв В.І., доц., Ткаченко М.М., магістрант

НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

**Вступ.** Сучасне верстатобудування потребує підвищення показників точності металообробки та раціонального вибору алгоритмів управління процесом. Точність визначається різноманітними факторами і суттєво залежить від статичних і динамічних характеристик електроприводів верстатів.

Всі види механізованої обробки металів різанням здійснюються на металорізальних верстатах, кожен з яких являє собою пружну багатомасову систему з багатьма ступенями свободи.

Особливістю металорізальних верстатів є те, що в процесі металообробки існує залежність між собою окремих переміщень та зусиль, або, інакше, наявність внутрішніх зв'язків узагальнених координат [1]. Проявляються ці зв'язки у тому, що при спробі викликати одне переміщення, виникають також і інші переміщення у системі верстат – пристосування – інструмент – деталь (ВПД).

Розрізняють зв'язки статичні (по координаті), швидкісні (по першій похідній координати за часом) і динамічні, інерційні (по другій похідній координати).

**Мета роботи.** Перевірка адекватності розробленої математичної моделі, електромеханічної системи металорізального верстату, призначеної для поглиблених досліджень та синтезу взаємозв'язаної САУ.

**Матеріали і результати досліджень.** Одночасне урахування статичних, швидкісних та динамічних зв'язків призводить до того, що будь-який металорізальний верстат повинен розглядатися як складна взаємозв'язана багатомасова механічна система з пружностями і демпфуванням [2].

Математична модель механічної частини металорізального верстату з індивідуальними приводами головного руху та подач, яка враховує статичні, швидкісні та динамічні взаємозв'язки між електроприводами, обумовлені наявністю декількох мас та пружних зв'язків між ними [3,4] представлена на рисунку 1.

На структурній схемі позначені:  $k_{dz}$ ,  $k_{dx}$ ,  $k_{dy}$  – передаточні коефіцієнти двигунів;  $\beta_z$ ,  $\beta_x$ ,  $\beta_y$  – жорсткість механічних характеристик,  $T_{ez}$ ,  $T_{ex}$ ,  $T_{ey}$  – електромагнітні сталі часу двигунів;  $J_{1,2,3}$  – приведені моменти інерції механізмів головного руху та подач;  $M_{\partial.z,x,y}$  – моменти електродвигунів головного руху та подач;  $M_{z,x,y}$  – моменти опору, обумовлені відповідними складовими зусилля різання;  $F_z$ ,  $F_y$ ,  $F_x$  – складові зусилля різання;  $\omega_{\partial.z,x,y}$  – кутові швидкості електродвигунів;  $\omega_u$  – кутова швидкість шпинделя;  $r_p$  – радіус різання;  $i_{1,2,3}$  – передаточні відношення редукторів;  $t_{1,2}$  – крок нарізки гвинтів електроприводів подач;  $k_u = 6 \cdot 10^4$  – коефіцієнт перетворення

розмірності швидкості з м/с в мм/хв; також враховано співвідношення:  $S=V/n_{ul}$ ;  $t$  - глибина різання, мм;  $S$  - величина подачі, мм/об;  $V$  - окружна швидкість різання, мм/хв;  $C_{Fz}, X_{Fz}, Y_{Fz}, n$  - коефіцієнти та показники ступеня, які залежать від різновиду та режиму металообробки;  $K_{nz,y,x}$  - загальні поправочні коефіцієнти, які враховують зміни умов металообробки;  $T_1, T_2$  – інерційна та демпфуюча сталі часу процесу різання, які чисельно дорівнюють  $T_1 = \sqrt{m/(c+k_p)}$ ,  $T_2 = \mu/(c+k_p)$ ;  $c$  – жорсткість механізмів верстату;  $m$  - маса супорта;  $\mu$  – коефіцієнт в'язкого тертя;  $k_p = C_x t^x S^y V^k$  – коефіцієнт лінеаризованої залежності складової сили різання від глибини. Індексми  $z, x, y$  позначені величини, що відповідають головному приводу та приводам позовжної і поперечної подачі, відповідно.

Числові значення параметрів моделі:

$k_{dz} = 0,761;$	$J_{2,3} = 0,005 \text{ кг}\cdot\text{мм}^2$	$X_{Fz} = 1;$	$n_x = -0,4;$
$k_{dx} = k_{dy} = 0,714;$	$i_1 = i_2 = i_3 = 10;$	$X_{Fx} = 1;$	$n_y = -0,3;$
$\beta_z = 2,054;$	$t_1 = t_2 = 0,01;$	$X_{Fy} = 0,9;$	$T_1 = 0,02 \text{ с};$
$\beta_x = \beta_y = 0,069;$	$r_p = 0,05 \text{ мм};$	$Y_{Fz} = 1;$	$T_2 = 0,33 \text{ с};$
$T_{ez} = 0,0083 \text{ с};$	$C_{Fz} = 300;$	$Y_{Fx} = 1;$	$c = 3 \cdot 10^4;$
$T_{ex} = T_{ey} = 0,01 \text{ с};$	$C_{Fx} = 339;$	$Y_{Fy} = 0,6;$	$m = 20 \text{ кг};$
$J_1 = 0,048 \text{ кг}\cdot\text{мм}^2;$	$C_{Fy} = 243;$	$n_z = -0,15;$	$\mu = 10^4$

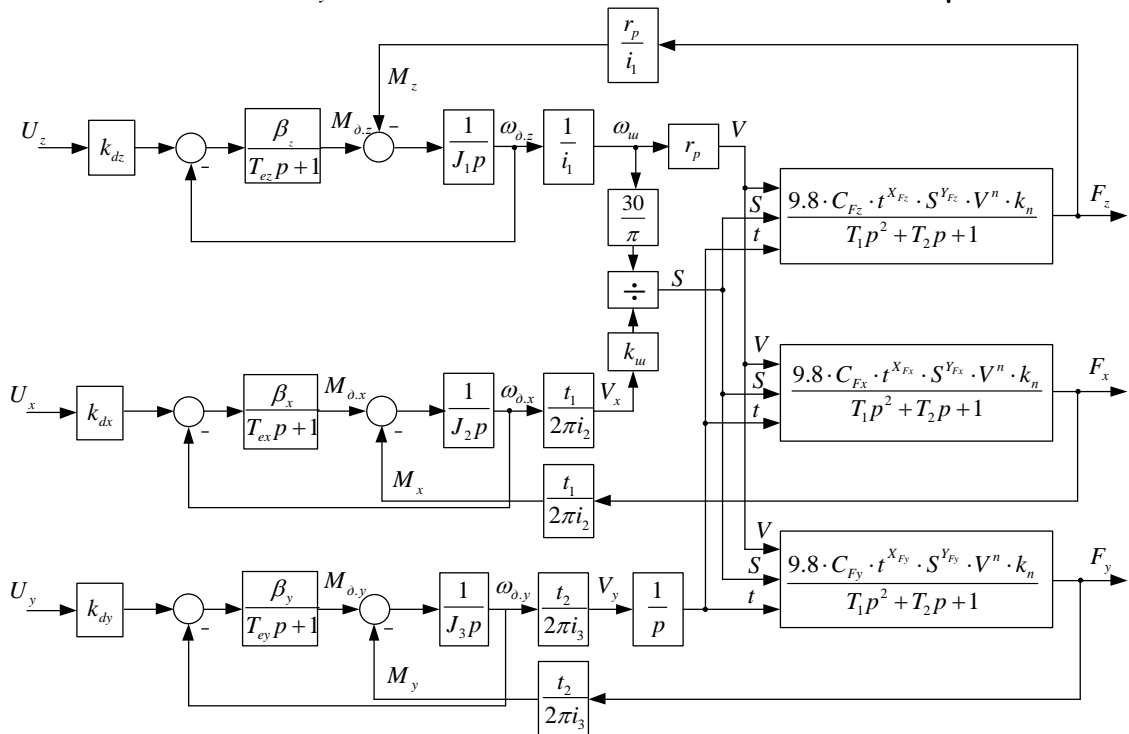


Рисунок 1 – Структурна схема взаємозв'язаної електромеханічної системи

Для оцінки впливу природних перехресних зв'язків між електроприводами головного руху та подач було проведено моделювання перехідних режимів при ступінчастій зміні величини завдання  $U^*$  по координатам  $z$  та  $y$ . Результати даного моделювання представлені на рис. 2 та рис. 3.

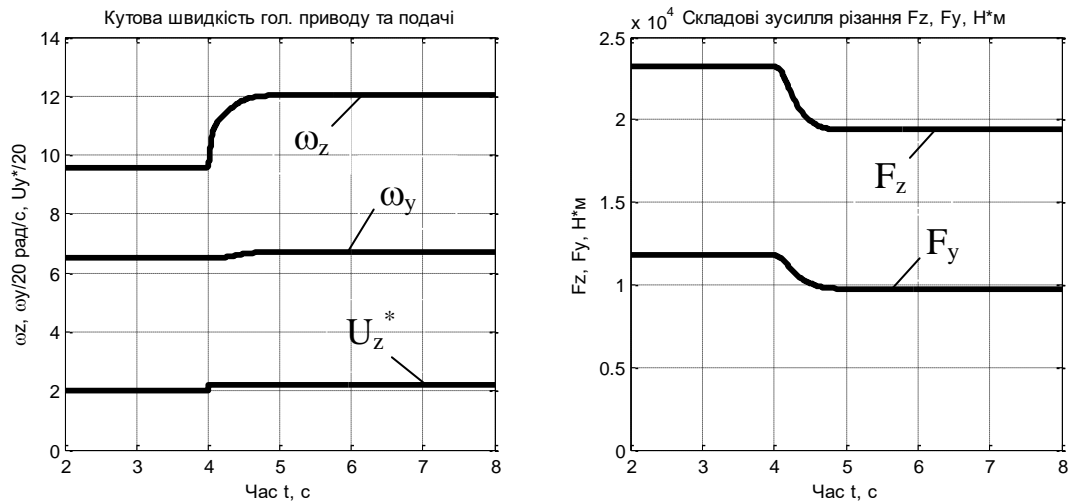


Рисунок 2 – Перехідні процеси швидкостей та зусиль різання при зміні завдання швидкості головного приводу

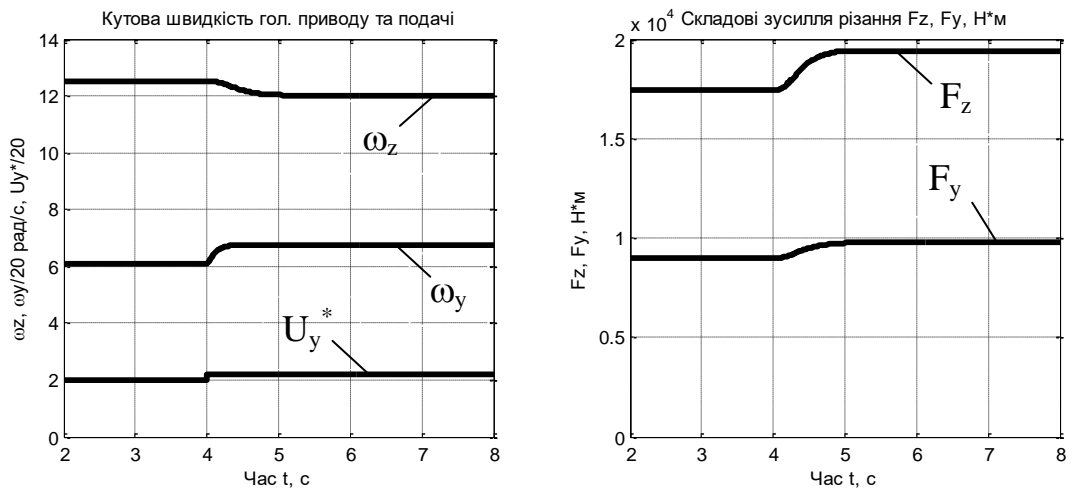


Рисунок 3 – Перехідні процеси швидкостей та зусиль різання при зміні завдання швидкості приводу поперечної подачі

**Висновки.** З графіків перехідних процесів, отриманих з використанням розробленої математичної моделі взаємозв'язаної електромеханічної системи металорізального верстату з окремими приводами головного руху та подач видно, що зміна величини завдання головного приводу або приводу подачі призводить до суттєвої зміни швидкості та складової зусилля різання іншого приводу, що підтверджує взаємодію між каналами та вказує на необхідність вирішення питання компенсації впливу природних перехресних зв'язків.

#### Перелік посилань

1. Кудинов В.А. Динамика станков / В.А. Кудинов. – М: Машиностроение, 1967. – 359 с.
2. Попович М.Г. Теорія електропривода: Підручник / М.Г.Попович, М.Г.Борисюк та ін. – К: Вища шк., 1993. – 494 с.
3. Петраков Ю.В. Теория автоматического управления в металлообработке: Учебное пособие / Ю.В. Петраков. – К: ІЗМН, 1999. - 218 с.
4. Теряев В.І. Математичне моделювання механічної частини взаємозв'язаної системи електроприводу металорізального верстату / В.І. Теряев, М.М. Ткаченко. – Кременчук: КрНУ, 2013. – с. 37–38.