

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ВЕРСТАТА ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ГРАВІРУВАННЯ

Теряєв В.І., доц., Швець В.С., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Верстатобудування є однією з базових галузей машинобудування, від технічного стану якої залежить рівень розвитку всієї економіки країни. Воно забезпечує обладнанням всі підприємства машинобудівного комплексу.

Постановка задачі дослідження. Вивчення можливості модернізації верстату для лазерного гравірування шляхом використання безредукторного електроприводу.

Матеріали досліджень. Приклади побудови і використання верстатів для лазерної обробки. Лазерно-гравірувальні верстати бувають як у настільному виконанні, так і стаціонарні, представлені дуже великою гамою габаритів робочих столів - від півметра до двох метрів і більше. Верстати розраховані на встановлення у спеціальному приміщенні та призначені для безперервної роботи в умовах виробництва. Кожен верстат має монолітний корпус, що забезпечує стійкість і жорсткість конструкції та ефективно гасить вібрації, які виникають в процесі роботи. Основним призначенням таких моделей є лазерне різання, розкрій матеріалів (у тому числі широкоформатних на великій швидкості), а також маркування і високоякісне гравірування поверхонь заготовок. Для підвищення продуктивності та якості обробки лазерні верстати мають спеціальні конструктивні рішення. Наприклад, безлюфтові механічні передачі, високоточні датчики, паралельну установку двох лазерних трубок - для одночасної обробки двох заготовок або розміщення лазерної трубки на рухомому порталі - для виключення втрат потужності променю при його розсіюванні на шляху до випромінювача і т.д.

Всі верстати лазерного різання та гравірування з автоматизованою системою керування, незалежно від режиму роботи, типу лазера та призначення мають спільну структурну схему та складаються з ряду аналогічних функціональних вузлів. Приклад схеми наведено на рисунку 1 [1].

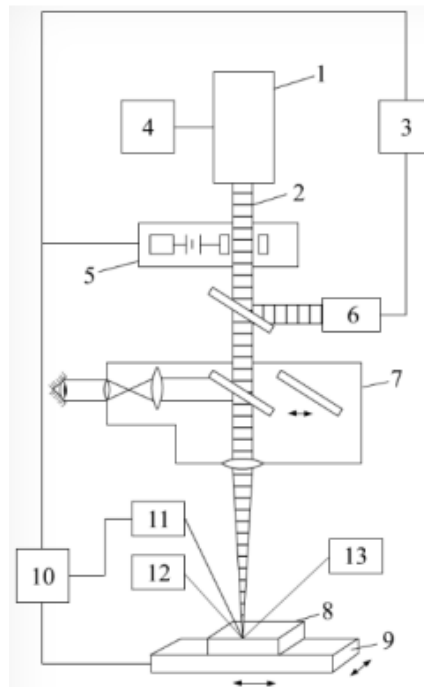


Рисунок 1 – Узагальнена схема верстату для лазерного гравірування

Лазерне випромінювання (2) від випромінювача (1) формується оптичною системою (7), через пристрій дозування енергії (5) в світловий пучок з певними просторовими та часовими характеристиками і направляється на об'єкт обробки. За допомогою оптичної системи (7) можуть здійснюватися візуальний контроль положення об'єкта, спостереження за ходом обробки та оцінки її результату. Об'єкт обробки фіксується на двокоординатному столі (9), який позиціонується блоком автоматизованої системи керування (10). З блоком керування також зв'язані система контролю випромінювання (6) та вимірювальний перетворювач контролю параметрів технологічного процесу (11). На підставі інформації, яка з них надходить, поступають команди керування джерелом живлення випромінювача (3) і дозуючої системи (5). В деяких технологічних процесах таких, як газо-лазерна різка, лазерно-іскрова обробка і т.д., установка може бути доповнена пристроєм подачі в робочу зону технологічного середовища (13) та джерелами додаткової енергії (12) (механічної, електромагнітної та ін.). Вимірювальний перетворювач параметрів технологічного процесу (11) може контролювати температуру зони обробки, стан поверхні, яскравість світіння плазмового факела і давати сигнали керуючому пристрою для зміни параметрів випромінювання або припинення операції.

Верстати для лазерного гравірування застосовуються у легкій промисловості, у рекламному та меблевому виробництві, для виготовлення сувенірної продукції. Можуть також виконувати операції різки, гравірування, перфорації та маркування на таких матеріалах:

- метали (алюміній, мідь, неіржавіюча сталь, і т.д.);

- дерево, МДФ, фанера;
- тканина, шкіра, хутро;
- пластик (поліпропілен, акрил, ABS-пластик, поліетилен);
- скло;
- паперові матеріали.

Принцип роботи верстату лазерного гравірування полягає у нагріванні локальної області заготовки за допомогою лазерної установки, що призводить до часткового випаровування матеріалу. Деяка його частина залишається у вигляді наплаву. Однак через високі температури цей обсяг є незначним. Таким чином виконується гравірування без прямого контакту різального інструменту із заготовкою.

Подібний метод використовується для роботи міні-верстатів для лазерної обробки металу. Основною перевагою є висока точність різання. До недоліків можна віднести відносно низьку швидкість виконання роботи, яка безпосередньо залежить від потужності установки.

В лазерних гравірувальних верстатах зазвичай використовуються крокові двигуни та електропривод подачі з передачею ходовий гвинт-кулькова гайка та редуктором. На рисунку 2 зображено типову кінематичну схему електроприводу поступального руху [2].

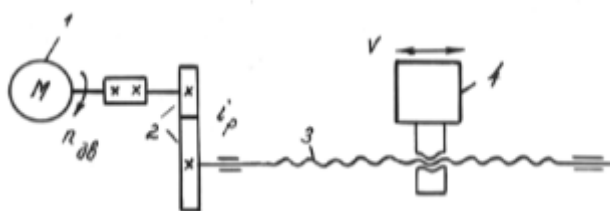


Рисунок 2 – Кінематична схема електроприводу поступального руху

Двигун 1 через редуктор 2 обертає ходовий гвинт 3. За допомогою гвинтової пари обертальний рух ходового гвинта перетворюється у поступальний рух вузла подачі 4.

Завдання модернізації верстату полягає у використанні безредукторного електроприводу позиціонування лазерної голівки, що дає змогу підвищити його точність за рахунок усунення редуктора, як головного джерела люфтів в механічній передачі.

Виконаємо попередній розрахунок параметрів крокового двигуна. Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані електроприводу

Параметр	Позначення	Значення
Передаточне число редуктора	i_p	1
Крок гвинта, м	t_Γ	0.001
Швидкість бистрого ходу, м/хв	$V_{бх}$	10
Максимальна швидкість робочої подачі, м/хв	$V_{роб.мах}$	4
Мінімальна швидкість робочої подачі, м/хв	$V_{роб.мін}$	0.1
Точність позиціонування лазерної голівки, мкм	Δl	5
ККД гвинтової пари	η_2	0.9
Маса рухомого вузла верстату, кг	$m_{вуз}$	4.4
Коефіцієнт тертя в напрямних	$f_{тр}$	0.003
Діаметр гвинта, м	D_Γ	0.008
Довжина гвинта, м	l_Γ	0.3
Час розгону до $V_{бх}$, с	$t_{ПП}$	0.1

Кутова швидкість двигуна для передачі гвинт-гайка:

- максимальна

$$n_{дв.макс} = \frac{V_{max} i_p}{t_2} = \frac{10 \cdot 1}{0,001} = 10000 \text{ об/хв,}$$

- робоча

$$n_{дв.роб} = \frac{V_{роб} i_p}{t_2} = \frac{4 \cdot 1}{0,001} = 4000 \text{ об/хв,}$$

- мінімальна

$$n_{дв.мін} = \frac{V_{мін} i_p}{t_2} = \frac{0.1 \cdot 1}{0,001} = 100 \text{ об/хв.}$$

Крок двигуна при безредукторному виконанні привода дорівнює

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot \Delta l}{t_2} = \frac{2\pi \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,001} = 0,0314 \text{ рад} \approx 1,82 \text{ град}.$$

Визначимо моменти інерції елементів кінематичного ланцюга. Приведений до валу двигуна момент інерції виконавчого елемента лазерної установки, який рухається поступально

$$J'_{\text{мех}} = m_{\text{вуз}} \left(\frac{t_2}{2\pi} \right)^2 \frac{1}{i_p} = 4,4 \left(\frac{0,001}{2\pi} \right)^2 = 1,11 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^2.$$

Приведений момент інерції ходового гвинта до валу двигуна:

$$J'_2 = \frac{\pi D_{\text{сп}}^4 l_2 \gamma}{32 i_p^2} = \frac{3,14 \cdot (0,008)^4 \cdot 0,3 \cdot 7,8 \cdot 10^3}{32} = 9,4 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^2,$$

де γ – щільність сталі, $D_{\text{сп}}$ – середній діаметр гвинта, l_2 – довжина гвинта, i_p – передаточне число редуктора.

Приведений до валу двигуна сумарний момент інерції механічної системи приводу:

$$J'_\Sigma = J'_{\text{мех}} + J'_2 = 1,11 \cdot 10^{-7} + 9,4 \cdot 10^{-7} = 10,51 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^2,$$

Визначимо момент сили тертя в напрямних

$$M_{\text{мп}} = \frac{m_{\text{вуз}} \cdot g \cdot f_{\text{мп}} \cdot t_2}{2 i_p \eta_2} = \frac{4,4 \cdot 9,8 \cdot 0,03 \cdot 0,001}{2 \cdot 0,9} = 0,71 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Додатковий момент на валу двигуна від повної або неповної частини сили для вертикальних осей

$$M_G = \frac{m_{\text{вуз}} \cdot g \cdot t_2}{2\pi i_p \eta_2} = \frac{4,4 \cdot 9,8 \cdot 0,001}{2 \cdot 0,9 \cdot 3,14} = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Сумарний статичний момент

$$M_{\text{ст}} = M_{\text{мп}} + M_G = 0,71 \cdot 10^{-3} + 7,6 \cdot 10^{-3} = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Динамічний момент двигуна

$$M_{\text{дин}} = \frac{0,2i_p}{V_{\text{ox}}t_z} (J_{\Sigma}' + J_{\text{де}}) = \frac{0,2}{0,1 \cdot 0,001} (10,51 \cdot 10^{-7} + 70 \cdot 10^{-7}) = 16,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Сумарний момент валу двигуна з коефіцієнтом запасу ($k_3=1.8$)

$$M_{\Sigma} = k_3 (M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}) = 1,8(8,31 \cdot 10^{-3} + 16,1 \cdot 10^{-3}) = 43,93 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

За даними розрахунками було обрано кроковий двигун NEMA23HS7401, в таблиці 2 наведено його технічні характеристики [4].

Таблиця 2

Параметр	Одиниці вимірювання	Значення
Кут кроку	град	1.8±5%
Довжина	мм	64
Номинальний струм	А	1.0
Номинальний опір	Ом	7.5
Індуктивність	мГн	20
Момент утримання	Н·м	1.5
Момент крутний	Н·м	0.05
Вага	г	850

Висновки. Як видно з опису принципу роботи лазерного гравірувального верстату та результатів розрахунку параметрів електроприводу позиціонування лазерної голівки, мета модернізації верстату для лазерного гравірування, яка полягає у відмові від використання редуктора, є технічно реалізованою.

Перелік посилань

1. Лазерний верстат для гравірування і різання. URL: <http://stroyka-gid.com.ua/idei-dla-doma/10992-lazerny-verstat-dla-graiyvanna.html>
2. Системи програмного та слідкуючого керування рухом: підручник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В.І. Теряєв, С.В. Король. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 150 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48880>
3. Кроковий двигун NEMA23HS7401. URL: <https://ast3d.com.ua/info/nema-23-razmery-i-harakteristiki>