

Розробка структурної схеми фрезерного верстата з ЧПК

Денис Волошин¹, Владислав Євсєєв¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки. 14., email: denys.voloshyn@nure.ua

Анотація: В даному матеріалі розглянуто розробку структурної схеми для фрезерного верстата з ЧПК на основі конструкції та підбору компонентів верстата з ЧПК.

Ключові слова: фрезерний верстат з ЧПК, структурна схема.

I. ВСТУП

Верстат з числовим програмним керування (ЧПК) – це складна програмно-апаратна система, яка може перетворити блок сировинного (вихідного) матеріалу в складну деталь для подальшого використання в механізмі або машині [1-2].

На сьогоднішній день універсальним засобом для обробки поверхонь є фрезерні верстати з ЧПК. Фрезерні верстати з ЧПК дозволяють виготовити деталі зі складними криволінійними поверхнями. Вони можуть використовуватися як для серійного випуску деталей, так і для одиночних партій. Використання підприємством сучасних фрезерних верстатів дозволяє підвищити ефективність праці і знизити витрати, внаслідок чого зросте дохід підприємства [3].

Щоб побудувати сучасний фрезерний верстат з ЧПК треба розробити структурну схему в якій визначимо основні функціональні частини виробу їх взаємозв'язки та призначення. Визначимо склад верстату на базі якого зможемо розробити структурну схему майбутнього фрезерного верстату з ЧПК.

Структурна схема дозволяє розглянути принцип роботи пристрою або виробу в найзагальнішому вигляді. На структурній схемі зображують основні функціональні частини (блоки) виробу, їх призначення та лінії зв'язку між ними.

Завдяки розробці структурної схеми фрезерного верстату з ЧПК вдасться на ранньому етапі виявити помилки проектування, перерозподіляти вимоги до вузлів пристрою, після чого здійснити моделювання усіх вузлів верстату. В результаті значно скорочуються зусилля по розробці верстату.

II. КОНСТРУКЦІЯ ТА СКЛАД ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПК

Конструкцію верстату з ЧПК обрано порталного типу. Портальна конструкція ЧПК верстатів має на увазі наявність П-образного порталу. Його переміщення уздовж робочої площини, забезпечує обробку деталі по осі Y. По осі X деталь обробляється за допомогою переміщення шпинделя уздовж балки порталу [4].

Переваги конструкції верстату з ЧПК порталного типу наступні:

1) Економія часу на одному циклі виготовлення продукту;

2) Зменшення витрат на робочу силу, оскільки один оператор може обслужити кілька верстатів відразу;

3) Швидкість обробки деталей і якість кінцевої продукції значно збільшується;

4) В середньому один верстат з ЧПК для підприємства обходиться дешевше, ніж покупка декількох звичайних верстатів.

Недоліком такої конструкції верстату з ЧПК є збільшення комплектуючих під вісь Y удвічі, що призводить до збільшення вартості побудови верстату, та складності побудови.

Для фрезера з ЧПК обов'язково мати мінімум 3 осі. Дві з них необхідні для позиціонування заготовки в площині, а третя – для переміщення шпинделя з ріжучим робочим інструментом по вертикалі.

Визначивши тип конструкції фрезерного верстату з ЧПК потрібно здійснити підбір елементів. В основному фрезерні верстати з ЧПК складаються з наступних основних компонентів:

- 1) Пристрій для введення даних;
- 2) Пристрій керування верстатом;
- 3) Механізми приводу;
- 4) Виконавчі механізми;
- 5) Система зворотного зв'язку (давачі).

Пристрій для введення даних є засобом введення програми обробки деталі в систему управління ЧПК. За допомогою комп'ютера і стандартного інтерфейсу послідовної передачі даних здійснюється введення початкових даних для обробки (виготовлення) деталі.

Пристрій (плата) керування верстатом – це блок управління верстатом є серцем системи ЧПК. Він використовується для виконання наступних функцій [5]:

- 1) Читання закодованих інструкцій;
- 2) Розшифровка закодованих інструкцій;
- 3) Реалізація інтерполяцій (лінійних, кругових і спіральних) для генерації команд переміщення по осях;
- 4) Передача команд руху осі в схеми підсилювача для управління механізмами осі;

5) Отримання сигналів зворотного зв'язку положення і швидкості для кожного приводу осі;

6) Реалізація допоміжних функцій управління, таких як аварійна зупинка верстату, зміна інструменту і т. д.

У якості приводів для верстатів з ЧПК в основному використовуються гібридні крокові двигуни (КД). КД дають змогу робити переміщення інструменту по всій робочій зоні верстата з ЧПК. Інструмент є однією з основних частин верстата, завдяки ньому здійснюється

головна операція, саме те для чого призначений ЧПК, обробка поверхні заготовки (виготовлення деталей).

У гібридного двигуна ротор розділений на дві частини, між якими розташований циліндричний постійний магніт (рис.1). Статор гібридного двигуна має зубці, що забезпечують велику кількість еквівалентних полюсів, на відміну від основних полюсів, на яких розташовані обмотки. Залежність між числом полюсів ротора, числом еквівалентних полюсів статора і числом фаз визначає кут кроку двигуна [6].

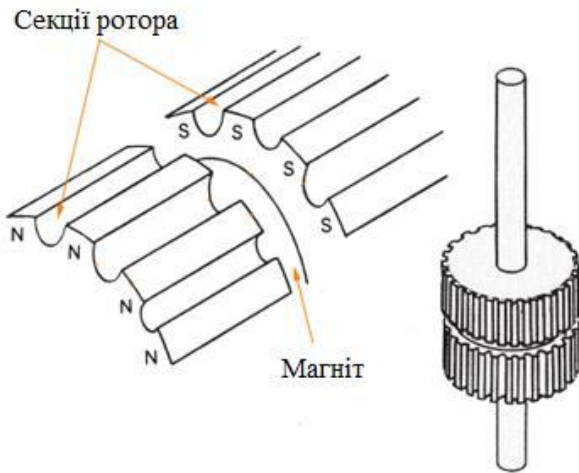


Рис.1. Будова ротора гібридного КД

Керувати КД набагато складніше ніж звичайним колекторним двигуном, потрібно в певній послідовності переключати напруги в обмотках з одночасним контролем струму. Тому для управління КД розроблені спеціальні пристрої – драйвери КД. Драйвер КД дозволяє управляти обертанням ротора КД відповідно до сигналів управління і електронним чином ділити фізичний крок КД на більш дрібні дискретні.

Робота практично всіх верстатів заснована на використанні ріжучих інструментів. Досить великого поширення набуло поняття шпинделя. Шпиндель верстата встановлюється для фіксації інструментів. За рахунок застосування сучасних матеріалів і налагоджених технологій виробництва, шпинделі верстатів з ЧПК запросто справляються з тривалою, напруженою роботою при частотах обертання понад 20-30 тис. об/хв.

Шпиндель є асинхронним електродвигуном змінного струму, вал якого встановлюється в опорних підшипниках для компенсації осьового і радіального навантаження від руху ріжучого інструменту уздовж площини оброблюваної заготовки. Надлишки тепла, що виділяються електродвигуном при роботі, відводяться вбудованою повітряною або водяною системою охолодження шпинделя. А для гнучкого управління електродвигуном шпинделя служить спеціальний пристрій – частотний перетворювач (інвертор).

Інвертор представляє собою спеціальний електричний пристрій-перетворювач для гнучкого управління електродвигуном змінного струму. За рахунок зміни

частоти живлячої напруги, інвертор дозволяє змінювати швидкість обертання електродвигуна шпинделя в потрібних межах. Так частота змінного струму 50 Гц (для побутової або промислової напруги в 220 В / 380 В) може бути перетворена до значення 0-400 Гц і більше. Відповідно до цього і швидкість обертання шпинделя може змінюватися від 0 до номінального значення. Крім цього, інвертор повинен забезпечувати сталість електричних параметрів «на виході», незважаючи на швидкозмінний характер навантаження на шпиндель.

Щодо виконавчих механізмів практично будь-який верстат з ЧПК містить в собі кульково-гвинтову передачу (КГП) або трапецеїдальний гвинт, так як вони є одним з його найбільш важливих компонентів. Якщо існує необхідність сконструювати верстат, який витримає би високі навантаження, був би надійним в роботі і виконував свої завдання з високою точністю, то краще вибрати саме кульково-гвинтову передачу. Тому у якості виконавчих механізмів будемо використовувати КГП.

КГП – це система перетворення обертальних переміщень в поступальні. такий метод переміщення високо затребуваний де необхідна надзвичайна точність, плавне позиціонування обладнання при роботі. Практично повна відсутність похибки, надійність конструкції і безшумність в роботі дає значну перевагу при виборі обладнання такого роду [7].

Виконавчий механізм КГП представлено гвинтом і гайкою, між якими, в спеціальних порожнинах різьблення знаходяться кульки. В конструкції гайки передбачені технологічні канали для рециркуляції кульок, для їх постійного, безперешкодного руху. Конструкція даного методу переміщення знижує коефіцієнт тертя до мінімуму, ККД при цьому зростає понад 90%.

Система зворотного зв'язку також називається вимірювальною системою. Вона використовує давачі положення і швидкості для постійного моніторингу стану, в якому знаходиться ріжучий інструмент в конкретний момент обробки. Головний блок управління використовує різницю між вихідними сигналами і сигналами зворотного зв'язку для генерації керуючих сигналів, щоб виправити помилки положення і швидкості. Оскільки фрезерний верстат з ЧПК буде зроблений із металевих виробів та при роботі шпинделя зайвий матеріал може потрапити на давач то у якості давачів будуть використовуватися індуктивні давачі наближення (положення). Принцип їх дії полягає в виявленні металевих об'єктів поблизу чутливого елемента. До інших матеріалів вони не чутливі. За допомогою високочастотного генератора в обмотці чутливого елемента наводиться електромагнітне поле. При піднесенні до давача металевого предмета відбувається зміна параметрів цього поля, що надалі фіксується тригерною схемою. Вихід тригера керує ключовим елементом, який може комутувати невелике навантаження у вигляді реле і т.п. Також на більшості датчиків встановлено індикатор спрацювання у вигляді світлодіода. Такий підхід дозволяє оцінити справність давача і виконати його калібрування під час монтажу. На рис.2 наведено один з варіантів схемного виконання індуктивного давача наближення.

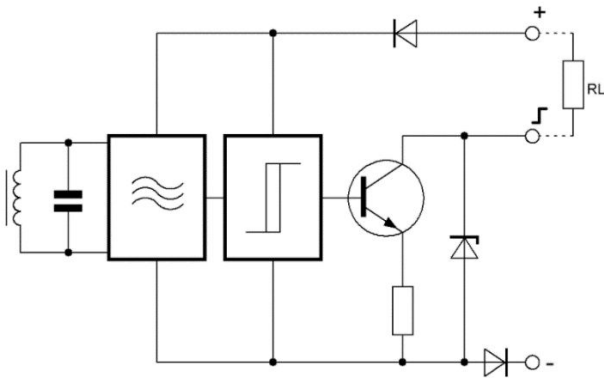


Рис.2. Схема індуктивного давача

III. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

На базі конструкції та складу фрезерного верстату з ЧПК що привели вище будуємо структурну схему. Структурну схему наведено на рис.3.

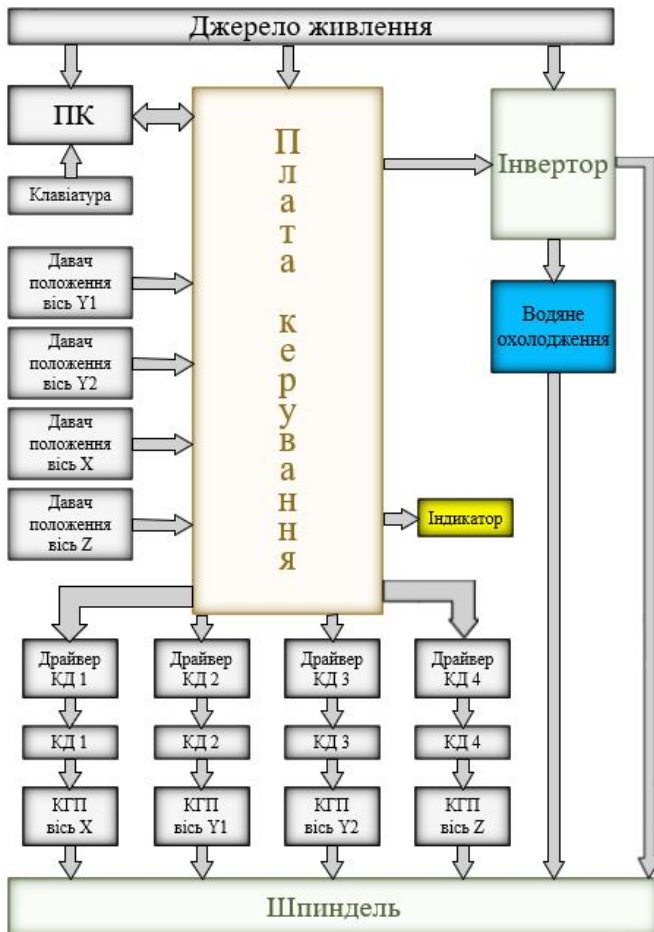


Рис.3. Структурна схема фрезерного верстату з ЧПК

За допомогою клавіатури вводимо початкові данні після чого ПК через порт передає команди (інструкції) на плату керування де відбувається весь процес обробки даних, готуються всі команди руху і відправляються у драйвери КД та інвертор, звідси драйвер контролює рух та швидкість КД, що призводить до руху КГП і відбувається

рух осей верстату зі шпинделем, а на інверторі через плату керування задається частота обертів двигуна (включення і виключення шпинделя та подача водяного охолодження).

Система зворотного зв'язку (давачі) фіксує дані про положення і швидкість руху осей і відправляє сигнал в плату керування верстатом. У платі керування сигнали зворотного зв'язку порівнюються з вихідними, якщо є помилки – він виправляє їх і відправляє в виконавчий механізм нові сигнали для коригування процесу.

Джерелом живлення є змінний струм 220 В що живить ПК, інвертор і через блок живлення постійного струму плату керування. Також на платі наявний індикатор що свідчить про нормальну роботу верстату.

IV. ВИСНОВКИ

В ході розробки структурної схеми фрезерного верстату з ЧПК було обрано конструкцію верстату порталного типу. На базі конструкції визначили склад та функціонал фрезерного верстату який включає наступні комплектуючі: блок живлення, ПК, плату керування, драйвери КД, крокові двигуни, КГП, інвертор, шпиндель, водяне охолодження, давачі. На базі конструкції та складу фрезерного верстату з ЧПК побудували структурну схему верстату та розглянули взаємозв'язок елементів структурної схеми. В подальшому по структурній схемі буде здійснене моделювання механічної та електронної частини фрезерного верстату з ЧПК вже з конкретними характеристиками комплектуючих верстату.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Yevsieiev Vladyslav, Nataliia Demaska. (2021). Analysis of Methods of Control of CNC Machines in Cyber-Physical Production Systems. In The II International Scientific and Theoretical Conference (Vol. 1), September 17, 2021. Athens, Hellenic Republic: European Scientific Platform. P:102-104. DOI:10.36074/scientia-17.09.2021. ISBN: 978-1-68524-915-1
- [2] Yulong Wang, "Open architecture for CNC controller and their developing prospect", CNC & Software, pp. 75-76, Apr 2004.
- [3] Актуальность использования фрезерных станков на производстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.skladtehkompлект.ru/jp_147.php – 12.09.2021 р. – Загол. з екрану.
- [4] Gomez-Acedo, E., Olarra, A. & Lopez de la Calle, L.N. A method for thermal characterization and modeling of large gantry-type machine tools. Int J Adv Manuf Technol 62, pp. 875–886, 2012.
- [5] M. Scarpino, (2015). A Guide to Steppers Servos and Other Electrical Machines, pp. 59-61.
- [6] B. Li, Y.-F. Zhou and X.-Q. Tang, (2004). A research on open CNC system based on architecture/component software reuse technology, Comput. Industry, vol. 55, pp. 73-85.
- [7] K. Minoda, (2018). Switching Control and Strain Suppression Using Ball Screw Drive Devices. Proceedings of International Conference on Technology and Social Science.