

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Розробка лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах

Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр БРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
4 курсу група ЕМ-19-1


Підпис


В.В. Сушко
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

к.т.н., В.С. Неймак
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

С. І. Пундик
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

20 06 2023 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр і назва

Спеціалізація Енергетичний менеджмент

Освітня програма _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

_____.202____

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ Сушко Василь Васильович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах

керівник роботи Неймак Віталій Станіславович, к.т.н., доц.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 1 03 2023 р. № 5

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 20.06.23 р.

3. Вихідні дані до роботи характеристики крокового двигуна

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи. 2. Розробка лабораторного стенда з ЧПК на крокових двигунах. 3. Розробка плати та вибір програми керування кроковим двигуном. Висновки. Перелік джерел посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Обладнання з ЧПК (ДО, А1). 2. Лабораторний стенд (ДІ1, А1). 3. Плати керування кроковим двигуном (ДІ2, А1). 4. Контролер для керування кроковими двигунами (Е2, А2). 5. Система керування кроковим двигуном (Е1, А2).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз технічної літератури		
2. Розробка лабораторного стенда з ЧПК на крокових двигунах		
3. Розробка плати та вибір програми керування кроковим двигуном		
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу		

Студент

Керівник роботи

Підпис 
 Підпис 

В.В. Сушко
 Ініціали, прізвище
В.С. Неймак
 Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові Сушко Василь Васильович
2. Тема бакалаврської роботи Розробка лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____
4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 52
5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки: 1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи. 2. Розробка лабораторного стенда з ЧПК на крокових двигунах. 3. Розробка плати та вибір програми керування кроковим двигуном.

Підпис студента  _____

"26" "06" 2023 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол №1 від "27" "06" 2023 р.

Оцінка проекту ЕК добре 3,75/5

Рекомендації ЕК визначити процес


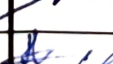


Особливі відмітки _____

Технічний секретар  _____

"27" "06" 2023 р.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	5
1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи.....	7
1.1 Автоматичне керування	7
1.2 Особливості обладнання і конструкції фрезерного верстата зі ЧПК.....	10
1.3 Функціональні складові (підсистеми) ЧПК	12
Висновки до першого розділу	20
2 Розробка лабораторного стенда зі ЧПК на крокових двигунах	22
2.1 Вибір крокового двигуна для лабораторного стенда.....	22
2.2 Керування кроковим двигуном	30
2.3 Вимоги до системи керування кроковим двигуном лабораторного стенда	37
Висновки до другого розділу.....	38
3 Розробка плати та вибір програми керування кроковим двигуном... 39	
3.1 Вибір плати керування кроковим двигуном	39
3.2 Огляд програм застосовуваних для роботи із платами керування кроковими двигунами	40
3.3 Опис контролера Vri-cnc.....	41
Висновки до третього розділу	48
Висновки	49
Перелік джерел посилань.....	50

БРМА 23.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Сушко В. В.		
Перевір.		Неймак В. С.		
Реценз.				
Н. Контр.		Пундик С. І.		
Затверд.		Поліщук О. С.		
			Розробка лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах	
		Літ.	Арк.	Аркушів
		4	4	52
ХНУ зр. ЕМ-19-1				

ВСТУП

В останні роки багато вузів більше схилиються до віртуальної форми виконання лабораторних робіт на персональних комп'ютерах, приміром, у таких пакетах як Matlab, Elcut. Цьому є ряд об'єктивних причин, таких як відсутність витрат на купівлю дорогих універсальних стендів, відсутність необхідності їх технічного обслуговування, безпека виконання лабораторних робіт, можливість застосування дистанційних форми навчання і ін.

Методично неправильно повністю підмінювати лабораторні роботи на реальних стендах віртуальними програмами. Комп'ютерні технології зобов'язані лише доповнювати і поглиблювати знання студентів про фізичні властивості та пристрої реальних об'єктів дослідження.

У наш час обладнання із числовим програмним керуванням (ЧПК) є важливим виробничим інструментом. Переваги верстатів зі ЧПК:

- висока продуктивність, що об'єднується із гнучкістю. (можливість автоматично перенастроюватися);
- одночасна обробка багатьох площин (включаючи кріпильні отвори) виконувана за одну установку;
- присутність пристрою автоматичної заміни інструмента (магазин з попередньо налаштованим інструментом);
- можливість одержання поверхонь зі складною просторовою формою;
- відсутність впливу людського фактора, як наслідок збільшення стабільності якісних характеристик продукції.

Числове програмне керування тісно увійшло в життя кожного через побутові прилади. З появою 3D принтерів, практично кожний може собі дозволити домашній верстат зі ЧПК для дрібносерійного виробництва або хобі.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

В умовах ринкової економіки основними вимогами до системи керування приводом, застосовуваної в обладнанні зі ЧПК, можна назвати максимальну простоту і надійність при мінімальних габаритах.

Системи приводів із кроковим двигуном більш компактні, достовірні і надійні, крім того вони прекрасно функціонують у несприятливих погодних умовах

Підвищення продуктивності праці неможливо без застосування нових технологій і обладнання із числовим програмним керуванням. У зв'язку із цим необхідно підвищувати рівень знань випускників технічних спеціальностей в даній області, і для цього проводити не тільки теоретичні заняття, але й практичні, для чого актуально створювати спеціальні випробовувальні і демонстраційні стенди.

Практична значимість вирішення поставлених завдань даної роботи є нова конструкція лабораторного стенда для більш глибокого і наочного розуміння, принципів роботи крокового двигуна і системи числового програмного керування. Практичні знання, отримані в ході роботи на лабораторній установці, допоможуть молодим фахівцям швидко інтегруватися на робочому місці, і показати себе грамотними і перспективними працівниками в самі стислі строки.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Автоматичне керування

На сьогоднішній день практично кожне підприємство, що займається механічною обробкою, має у своєму розпорядженні верстати із числовим програмним керуванням (ЧПК). Верстати зі ЧПК (рис.1.1) виконують усі ті ж функції, що й звичайні верстати з ручним керуванням, однак переміщення виконавчих органів цих верстатів управляються електронікою. У чому ж основна перевага верстатів зі ЧПК і чому все більше число заводів воліє вкладати гроші саме в сучасне обладнання з автоматичним керуванням, а не купувати відносно дешеві універсальні верстати[1]?



Рисунок 1.1 - Універсальний свердлильно-фрезерний верстат

Першим, очевидним плюсом від використання верстатів зі ЧПК є більш високий рівень автоматизації виробництва. Випадки втручання оператора верстата в процес виготовлення деталі зведені до мінімуму. Верстати зі ЧПК

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можуть працювати практично автономно, день за вдень, тиждень за тижнем, випускаючи продукцію з незмінно високою якістю. При цьому головною турботою верстатника-оператора є в основному підготовчо-заключні операції: установка і зняття деталі, налагодження інструмента і т.д. У результаті один працівник може обслуговувати одночасно кілька верстатів.

Другою перевагою є виробнича гнучкість. Це значить, що для обробки різних деталей потрібно всього лише замінити програму. А вже перевірена і відпрацьована програма може бути використана в будь-який момент і будь-яке число разів.

Третім плюсом є висока точність і повторюваність обробки (рис.1.2). По одній і тій же програмі ви зможете виготовити з необхідною якістю тисячі практично ідентичних деталей. Ну й, нарешті, числове програмне керування дозволяє обробляти такі деталі, які неможливо виготовити на звичайному обладнанні. Це деталі зі складною просторовою формою, наприклад штампи і прес-форми[2].



Рисунок 1.2 - Фрезерний верстат зі ЧПК фірми Doosan

Варто відзначити, що сама методика роботи із програми дозволяє більш точно передбачати час обробки деякої партії деталей і відповідно більш повно завантажувати обладнання.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Верстати зі ЧПК коштують досить дорого і вимагають більших витрат на установку і обслуговування, чим звичайні верстати. Проте їх висока продуктивність легко може перекрити всі витрати при грамотному використанні і відповідних обсягах виробництва.

Давайте розберемося, що ж таке ЧПК. Числове програмне керування – це автоматичне керування верстатом за допомогою комп'ютера (який перебуває усередині верстата) і програми обробки (керуючої програми). До винаходу ЧПК керування верстатом здійснювалося вручну або механічно.

Осьовими переміщеннями верстата зі ЧПК керує комп'ютер, який читає керуючу програму (КП) і видає команди відповідним до двигунів. Двигуни змушують переміщатися виконавчі органи верстата – робочий стіл або колону зі шпинделем. У результаті проводиться механічна обробка деталі. Датчики, установлені на напрямних, посилають інформацію про фактичну позицію виконавчого органа назад у комп'ютер. Це називається зворотним зв'язком. Як тільки комп'ютер довідається про те, що виконавчий орган верстата перебуває в необхідній позиції, він виконує наступне переміщення. Такий процес триває, поки читання керуючої програми не підійде до кінця[3].



Рисунок 1.3 - Стійка ЧПК Heidenhain TNC

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

По своїй конструкції і зовнішньому вигляду верстати зі ЧПК схожі на звичайні універсальні верстати. Єдина зовнішня відмінність цих двох типів верстатів полягає в наявності у верстата зі ЧПК пристрою числового програмного керування (ПЧПК), яке часто називають стійкою ЧПК (рис. 1.3).

1.2 Особливості обладнання і конструкції фрезерного верстата зі ЧПК

Фрезерні верстати зі ЧПК можна класифікувати по різних ознаках: по положенню шпинделя (вертикальні або горизонтальні), по кількості керованих осей або ступенів свободи (2, 3, 4 або 5 осей), по точності позиціонування і повторюваності обробки, по кількості використовуваного інструмента (одно або багатоінструментні) і т.д.

Розглянемо конструкцію вертикально-фрезерного верстата зі ЧПК (рис. 1.4, 1.5). Станина 1 призначена для кріплення всіх вузлів і механізмів верстата. Робочий стіл 2 може переміщатися в поздовжньому (уліво/вправо) і поперечному (уперед/назад) напрямках по напрямним 3. Пульт керування, або стійка ЧПК 9, закріплений на кронштейні і може бути переміщений у зручне для оператора положення[1].

На робочому столі закріплюють заготовки і різні технологічні пристосування. Для цього на столі є спеціальні Т-образні пази. Шпиндель 4 призначений для затискача різального інструменту і додання йому обертання. Шпиндель закріплений на колоні 5, яка може переміщатися у вертикальному напрямку (нагору/униз). Від точності обертання шпинделя, його твердості і вібростійкості значною мірою залежать точність і якість обробки. Таким чином, розглянутий верстат є трьохосьовим[2].

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

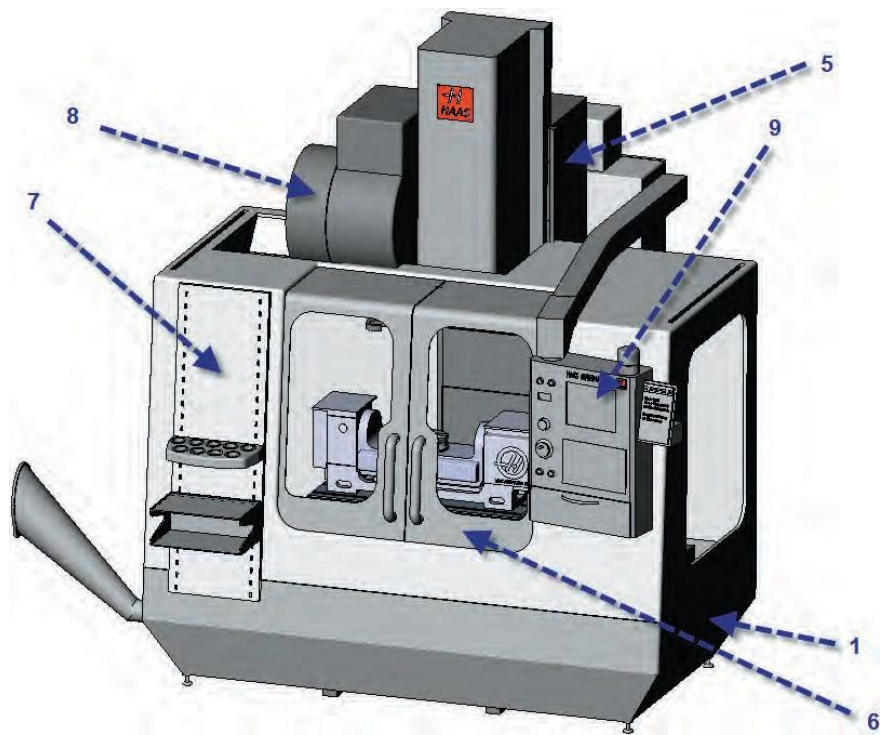


Рисунок 1.4 - Корпус вертикально-фрезерного верстата зі ЧПК

Захисні кожухи 7 необхідні для забезпечення безпеки. Вони захищають оператора верстата від стружки, що летить і змазувально-охолоджувальної рідини (ЗОР), яка подається в зону обробки. Дверцята 6 забезпечують доступ у робочу зону верстата. У магазині інструментів 8 барабанного типу перебуває набір різальних інструмент.

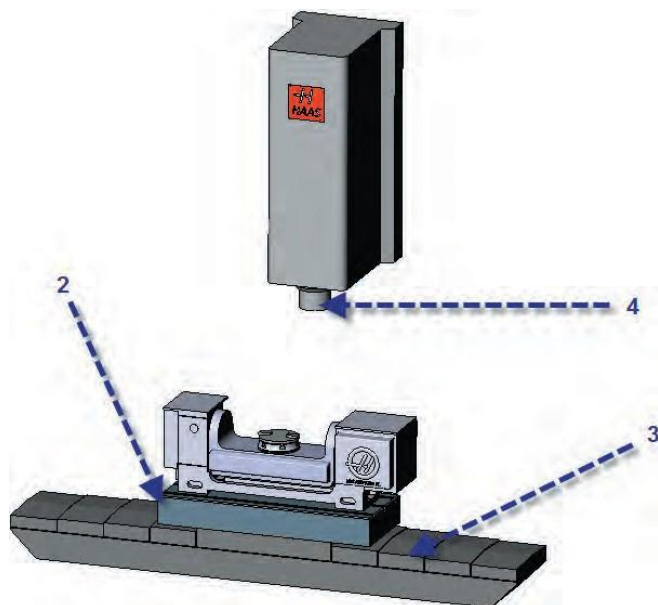


Рисунок 1.5 - Конструктивні елементи верстата

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

При цьому узяття необхідного інструмента і фіксація його в шпинделі забезпечуються пристроєм автоматичної зміни інструмента і проводяться по певній команді керуючої програми.

1.3 Функціональні складові (підсистеми) ЧПК

Для того щоб зробити зі звичайного верстата з ручним керуванням верстат зі ЧПК, необхідно впровадити певні компоненти в його конструкцію. Недостатньо просто підключити верстат до комп'ютера, щоб він працював по програмі, – необхідно модернізувати механічну і електронну «начинку» верстата. Давайте подивимося, як улаштована система ЧПК (ПЧПК) на більшості сучасних верстатів[4].

Умовно ПЧПК можна розділити на три підсистеми[1]:

- підсистему керування;
- підсистему приводів;
- підсистему зворотного зв'язку.

Далі в цьому розділі ми докладніше зупинимося на кожній з даних підсистем.

Підсистема керування.

Центральною частиною всієї ПЧПК є підсистема керування. З одного боку, вона читає керуючу програму і віддає команди різним агрегатам верстата на виконання тих або інших операцій. З іншого боку – взаємодіє з людиною, дозволяючи операторові верстата контролювати процес обробки.

Серцем підсистеми керування є контролер (процесор), який звичайно розташований у корпусі стійки ЧПК. Сама стійка має набір кнопок і екран (усе разом називається користувацьким інтерфейсом) для вводу і виводу необхідної інформації[3].

Системи керування можуть бути як закритими, так і відкритими, ПК-сумісними. Закриті системи керування мають власні алгоритми і цикли

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

роботи, власну логіку. Виробники таких систем, як правило, не поширюють інформацію про їхню архітектуру. Швидше за все, ви не зможете самостійно оновити програмне забезпечення і редагувати налаштування такої системи. У системі закритого типу є важлива перевага – вони, як правило, мають високу надійність, тому що всі компоненти системи пройшли тестування на сумісність[4].

Останнім часом стало з'являтися усе більше відкритих, ПК-сумісних систем керування. Їх апаратна начинка практично така ж, як і у вашого домашнього персонального комп'ютера. Перевага такого методу – у доступності і дешевизні електронних компонентів, більшість із яких можна придбати у звичайному комп'ютерному магазині, і в можливості відновлення внутрішнього програмного забезпечення.

Найсучасніші ПЧПК можуть бути оснащені Cam-системою, що дозволяє автоматизувати процес написання КП прямо на верстаті. Найбільш яскравий приклад – системи ЧПК серії MAPPS IV японських верстатів Mori Seiki (рис.1.6) містять вбудоване програмне забезпечення ESPRIT від компанії DP Technology (США) і дозволяють операторові не тільки створити КП будь-якої складності, але й зробити її всебічну перевірку[5].



Рисунок 1.6 - Стійка MAPPS IV з Cam-системою ESPRIT

Підсистема приводів.

Підсистема приводів містить у собі різні двигуни і гвинтові передачі для остаточного виконання команд підсистеми керування – для реалізації переміщення виконавчих органів верстата.

Високоточні ходові гвинти.

Важливими компонентами підсистеми приводів є високоточні ходові гвинти. Ви, напевно, знаєте, що на верстаті з ручним керуванням робітник, обертаючи рукоятку, з'єднану з ходовим гвинтом, переміщає робочий стіл. На днище стола закріплена гайка таким чином, що при повороті гвинта відбувається лінійне переміщення стола[3].

Удосконалений ходовий гвинт верстата зі ЧПК дозволяє виконувати переміщення виконавчого органа з мінімальним тертям і практично без люфтів. Усунення люфту дуже важливо із двох причин. По-перше, це необхідно для забезпечення надточного позиціонування. По-друге, тільки при дотриманні цієї умови можливо нормальне попутне фрезерування[4].

Двигуни.

Другої складової підсистеми є двигун (а точніше – кілька двигунів). Обертання вала двигуна приводить до повороту високоточного ходового гвинта і лінійному переміщенню робочого стола або колони. У конструкції верстатів використовуються крокові електродвигуни і серводвигуни.

Кроковий електродвигун – це електромеханічний пристрій, що перетворює електричний сигнал керування в дискретне механічне переміщення. Існує кілька основних видів крокових двигунів, що відрізняються конструктивним виконанням[5]:

- крокові двигуни зі змінним магнітним опором;
- крокові двигуни з постійним магнітним опором;
- гібридні двигуни.

Принцип роботи у всіх цих двигунів приблизно однаковий і досить простий.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Кроковий двигун зі змінним магнітним опором має кілька полюсів на статорі і ротор з магнітно-м'якого матеріалу (реактивний ротор). На рис. 1.7 показаний двигун, що має шість полюсів на статорі, ротор із чотирма зубами і три незалежні обмотки, кожна з яких припадає на протилежні полюси статора.

При подачі електричного струму в одну з обмоток ротор прагне зайняти положення, при якому виникший магнітний потік буде замкнений. Тобто зуби ротора будуть перебувати прямо напроти тих полюсів статора, на обмотки якого поданий струм. Якщо виключити струм у цій обмотці і подати його в наступну обмотку, то ротор повернеться, щоб у черговий раз замкнути магнітний потік своїми зубами. Для безперервного обертання ротора необхідно поперемінно подавати електричний струм в 1, 2 і 3 обмотки, при цьому крок обертання для представленого двигуна складе 30° [6].

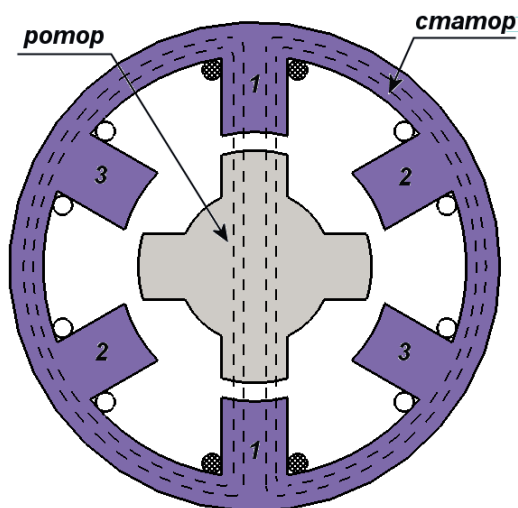


Рисунок 1.7 - Пристрій крокового двигуна зі змінним магнітним опором

Кроковий двигун з постійними магнітами складається зі статора з обмотками й ротора з постійними магнітами. На рис. 1.8 показаний двигун, що має дві пари полюсів статора і три пари полюсів ротора. При подачі електричного струму в одну з обмоток ротор займе положення, при якому різноіменні полюси статора і ротора будуть перебувати напроти один

					БРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

одного. Для безперервного обертання ротора необхідно поперемінно подавати електричний струм в 1 і 2 обмотки, при цьому крок обертання складе 30° [5].

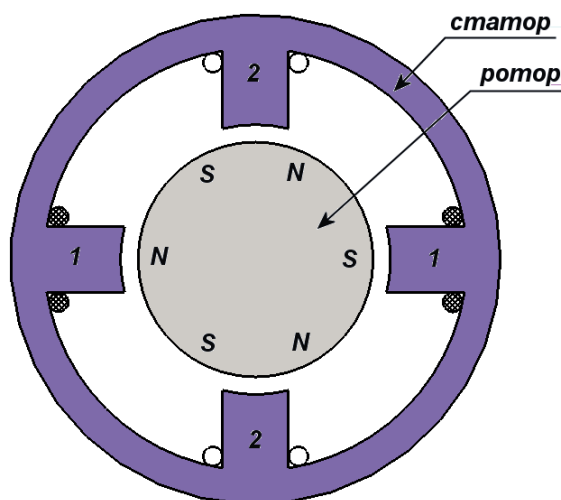


Рисунок 1.8 - Пристрій крокового двигуна з постійними магнітами

Більшість сучасних крокових електродвигунів є гібридними, тобто поєднують переваги двигунів зі змінним магнітним полем і двигунів з постійними магнітами, мають набагато більше число полюсів статора і зубів ротора, що забезпечує менший крок обертання.

Коли підсистема керування посилає кроковому двигуну електричний імпульс, то відбувається поворот на певний кут, який залежить від конструкції двигуна (наприклад, $0,7^\circ$). Якщо ходовий гвинт має крок 1 мм, то один імпульс змусить виконавчий орган верстата лінійно переміститися на $0,7/360 \times 1 = 0,0019$ мм. Ця величина називається дозволом системи, або ціною імпульсу. Не можна перемістити виконавчий орган на величину, меншу, чим дозвіл системи. Таким чином, ви бачите, що існує прямий взаємозв'язок між двигуном, ходовим гвинтом і точністю переміщень верстата[7].

Простота конструкції і легкість керування зробили крокові електродвигуни дуже популярними. Основним мінусом двигунів цього типу є їх толчкова або дискретна робота, яка може привести до погіршення якості

чистої обробки поверхонь і ефекту «сходів» при виконанні обробки по похилій прямій або дузі. Однак крокові двигуни можуть працювати без використання дорогого і складного зворотного зв'язку. Це дозволяє створювати недорогі, хоча й не високоточні верстати[5].

Найсучасніші верстати зі ЧПК не оснащуються кроковими двигунами. На зміну їм прийшли серводвигуни, які мають більш складну конструкцію. Серводвигуни, на відміну від крокових двигунів, працюють гладко, мають кращі характеристики, але ними важче керувати.

Для роботи із серводвигуном необхідна наявність спеціальних контролерів і пристроїв зворотного зв'язку, що, безсумнівно, приводить до збільшення вартості верстата.

Обертовий датчик положення (рис. 1.10) кріпиться на валу двигуна і дозволяє визначати його кутове положення. Цей датчик складається із джерела світла, оптичного датчика (приймача) і диска з маленькими радіальними прорізами (растрами). Растровий диск закріплений на валу, джерело світла і оптичний датчик знаходяться із різних сторін від диска.

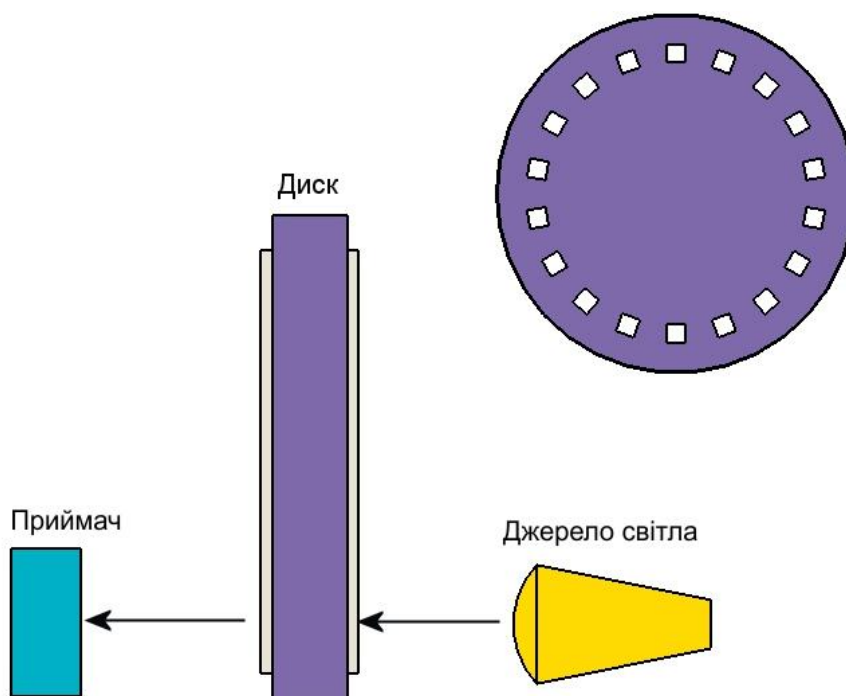


Рисунок 1.10 - Обертовий датчик положення

Коли диск обертається, то промені проходять крізь його прорізи і падають на оптичний датчик. Оптичний датчик працює як перемикач, який включається або вимикається при влученні на нього променів світла. Це дає можливість визначити відносне або абсолютне положення і напрямок обертання двигуна. Отримана інформація відправляється в підсистему керування.

Усі обертові датчики мають один істотний недолік. Тому що вони встановлюються безпосередньо на валу двигуна, то не можуть прямо виміряти лінійне положення виконавчого органа верстата. Вони дають розраховане положення, засноване на даних про крок ходового гвинта, і у високоточних верстатах для визначення лінійного положення не застосовуються. Їх можна використовувати в конструкції шпинделя для визначення числа обертів при обертанні і для знаходження його кутового положення[4].

Лінійні датчики положення використовуються практично у всіх сучасних верстатах зі ЧПК для точного визначення абсолютної або відносної позиції виконавчих органів. Датчики містять два взаємозалежні вузли – растрову шкалу і зчитувальну головку (рис. 1.11). Растрова шкала 1, розташована уздовж напрямних, являє собою лінійку з маленькими прямокутними прорізами (растрами). Зчитувальна головка, що переміщається разом з виконавчим органом верстата, складається з освітлювачів 2, фотоприймачів 3 і індикаторної пластини 4. Причому освітлювачі і індикаторна пластина перебувають із однієї сторони від растрової шкали, а фотоприймачі – з іншої[3].

На індикаторній пластині також присутні дві растрові ділянки зі зміщеним кроком для формування двох сигналів. Коли зчитувальна головка переміщається уздовж растрової шкали, то світлові сигнали від освітлювачів проходять через індикаторну пластину, потім через шкалу і реєструються фотоприймачами. Отримані сигнали дають можливість визначити величину і

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

напрямок переміщення. На растровій шкалі може перебувати додаткова доріжка референтних міток для завдання власного початку відліку.

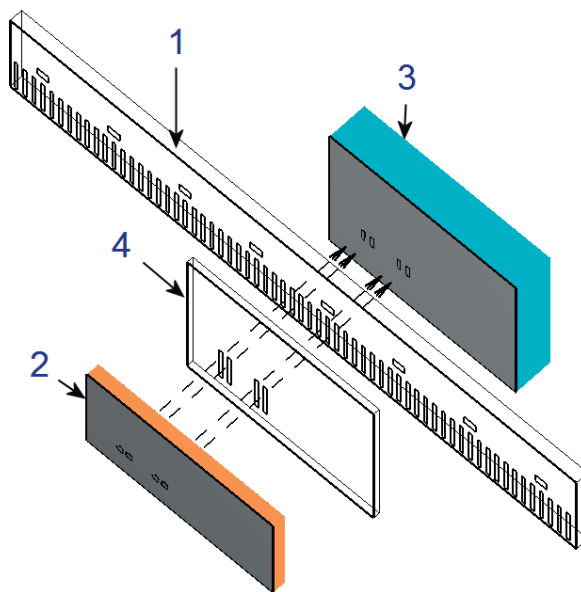


Рисунок 1.11 - Лінійний датчик положення

Системі ЧПК також необхідна інформація про швидкість, прискорення і затримку виконавчого органа верстата. Розрахунки величини прискорення і затримки необхідна для точного позиціонування. Справа в тому, що коли робочий стіл переміщається в необхідну позицію, він заздалегідь сповільнює швидкість переміщення, щоб «не промахнутися» повз необхідну координату.

Датчики стану виконавчих органів.

Крім перерахованих вище датчиків, звичайно ж, використовуються і інші. Температурні датчики (термопари) застосовують для визначення температури виконавчих органів, розрахунків температурного лінійного розширення компонентів верстата і для контролю над температурою масла та повітря. Інфрачервоні датчики використовуються у верстатних системах автоматичного виміру[5].

Функціонування системи ЧПК.

Ми розглянули окремо роботу трьох підсистем, що становлять основу ПЧПК. Тепер поговоримо про функціонування всієї системи в цілому.

Програміст створює керуючу програму, у якій міститься закодована інформація про траєкторію і швидкості переміщення виконавчих органів верстата, частоті обертання шпинделя та інші дані, необхідні для виконання обробки. Підсистема керування читає цю програму, розшифровує її та виробляє профіль переміщення.

Профіль переміщення можна представити у вигляді графіка, який показує, у якій точці повинен перебувати виконавчий орган верстата через певні проміжки часу. Відповідно до профілю переміщення підсистема керування посилає на відповідний двигун строго певну кількість електричних імпульсів. Двигун обертає ходовий гвинт, і виконавчий орган верстата переміщається в зазначену позицію (координату). Датчики зворотного зв'язку відправляють у підсистему керування інформацію про дійсну досягнуту позицію виконавчого органа. Відбувається порівняння фактичної і необхідної (теоретичної) позицій. Якщо між ними є різниця (помилка переміщення), то підсистема керування посилає скоректоване на величину помилки число електричних імпульсів на двигун. Цей процес повторюється знову і знову, поки виконавчий орган верстата не досягнеться необхідної позиції з певної (дуже високої) точністю. Взагалі, деяка помилка переміщення бути присутнім буде завжди. Головне, щоб вона була настільки маленької, що їй можна було б зневажити[8].

Висновки до першого розділу

Розглянуто автоматичне керування верстатом за допомогою комп'ютера (який перебуває усередині верстата) і програми обробки (керуючої програми), а також особливості обладнання і конструкції фрезерних верстатів зі ЧПК.

Проведено огляд та аналіз основних функціональних складових (підсистем) ЧПК, які умовно можна розділити на три підсистеми:

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- підсистему керування;
- підсистему приводів;
- підсистему зворотного зв'язку.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

2 РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ЗІ ЧПК НА КРОКОВИХ ДВИГУНАХ

2.1 Вибір крокового двигуна для лабораторного стенда

Систематизувати крокові двигуни можливо за різноманітними критеріями, існує велика кількість класифікацій крокових двигунів, розглянемо деякі з них[9].

По виду зв'язку ротора і статора:

- з механічним зв'язком;
- з електромагнітним зв'язком.

Реверсивні імпульсні двигуни храпового типу, одержали широке поширення із двигунів з механічним зв'язком статора і ротора. У таких двигунів крок обробки постійний і розпізнається тільки зубцевим розподілом храпового колеса. Із цієї причини можливо запобігти допущенню помилок у роботі системи за рахунок двигуна. Низька швидкодія цих двигунів приводить до зменшення їх використання низькочастотними імпульсними пристроями, такими як лічильники, крокові шукачі, різного типу реєстратори, програмні пристрої і т.д. [23].

У цей час крокові двигуни з механічним зв'язком набагато менш популярні, у порівнянні із кроковими двигунами з електромагнітним зв'язком.

Двигуни з електромагнітним зв'язком ротора і статора широко застосовні, тому що характеризуються високими динамічними параметрами. По факту вони представлені у вигляді багатофазних синхронних двигунів, однак, у відмінності від попередніх, вони зберігають синхронізм як при русі ротора, так і при пуску, гальмуванні і реверсі, крім того вони припускають довгочасну фіксовану стоянку ротора в момент проходження постійного струму по обмотках ротора [19].

					БРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

По виду переміщення ротора:

- поворотні крокові двигуни;
- лінійні крокові двигуни.

У поворотного типу двигунів ротор здійснює обертовий рух, а в лінійного типу – поступальний.

Схема, що ілюструє роботу лінійного крокового двигуна представлено на рисунку 2.1.

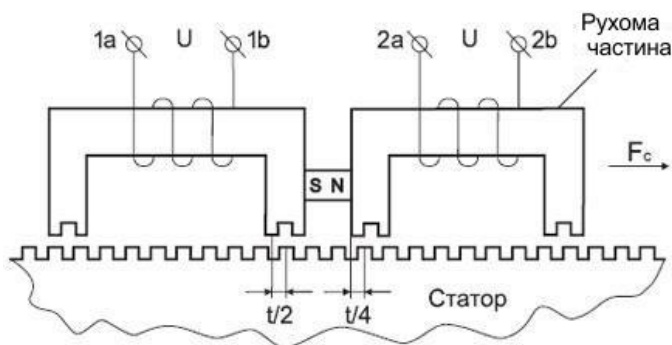


Рисунок 2.1 – Робота лінійного крокового двигуна

По конструктивних особливостях[13]:

- з змінним магнітним опором;
- з постійними магнітами;
- гібридні двигуни;
- біполярні і уніполярні.

Двигуни зі змінним магнітним опором.

Крокові двигуни зі змінним магнітним опором нараховують кілька полюсів на статорі і ротор виконаний зубчастої форми з магнітом'якого матеріалу. Намагніченість ротора відсутня.

Спрощена модель показано на рисунку 2.2 ротор має 4 зубця, а статор має 6 полюсів.

					БРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

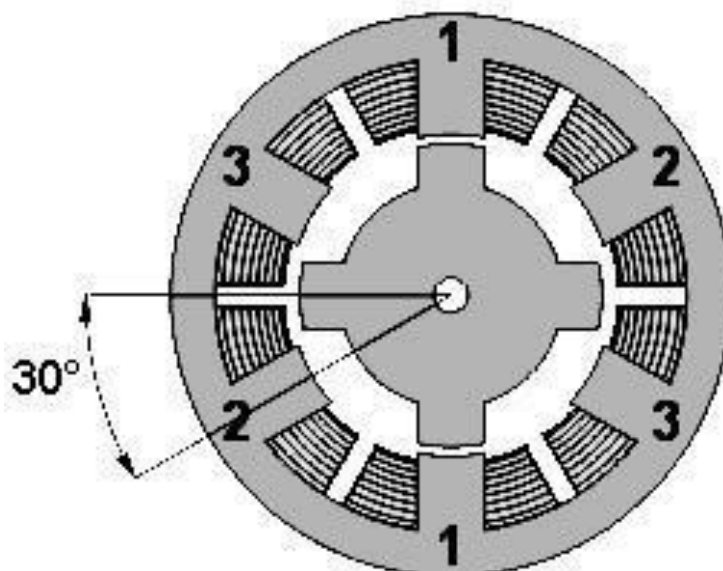


Рисунок 2.2 - Спрощена модель крокового двигуна зі змінним магнітним опором

Щоб зробити безперервне обертання, необхідно включати фази поперемінно. Даний тип двигунів не сприйнятливий до напрямку струму в обмотках. Двигуни зі змінним магнітним опором мало використовуються.

Двигуни з постійними магнітами.

Двигун з постійними магнітами складається зі статора, з обмотками, і ротора, з постійними магнітами рисунок 2.3. Через намагніченість ротора в таких двигунах утворюється більший магнітний потік Φ , отже, більший момент, чим у двигунах зі змінним магнітним опором.

Для зниження вартості двигуна магнітопровід статора має форму штампованого стакану. Усередині нього розміщені полюсні наконечники у вигляді ламелей. Обмотки фаз розташовані на двох різних магнітопроводах, які розміщуються один на одному. Ротор є циліндричним багатополіусним постійним магнітом [19].

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

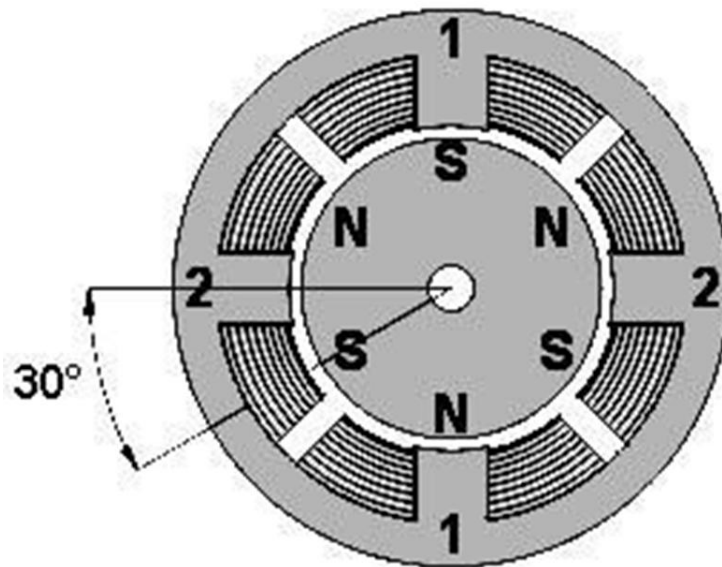


Рисунок 2.3 - Двигун з постійними магнітами в перетині

Даний тип крокових двигунів піддається впливу зворотної ЕРС із боку ротора, це явище обмежує максимальну швидкість обертання.

Гібридні двигуни.

Крокові двигуни даного типу мають більший момент з більшою швидкістю і меншою величиною кроку, вони розроблені як симбіоз двигунів зі змінним магнітним опором і двигунів з постійними магнітами.

Ротор гібридного двигуна оснащений зубцями, які знаходяться в осьовому напрямку рисунок 2.4.

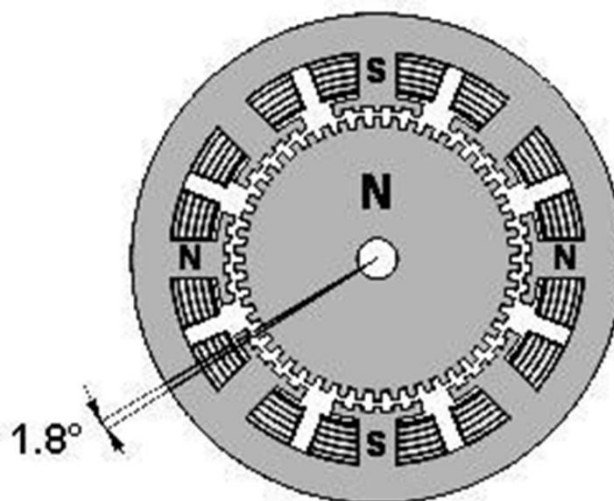


Рисунок 2.4 - Гібридний двигун

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У гібридних крокових двигунів ротор розділений на дві частини, між якими розміщений циліндричний постійний магніт.

Статор гібридного двигуна також має зубці, це зроблене для забезпечення більшої кількості еквівалентних полюсів.

На рисунку 2.5 зображений поздовжній перетин гібридного крокового двигуна.

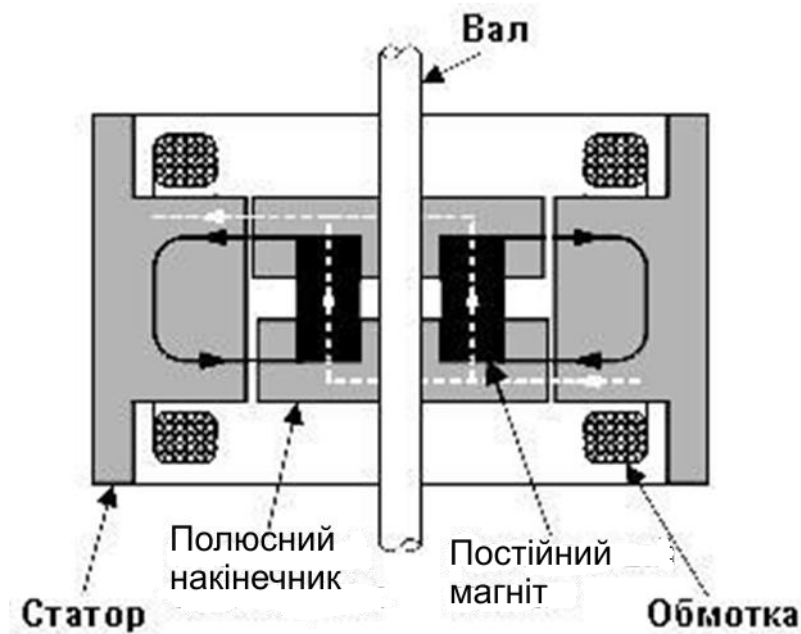


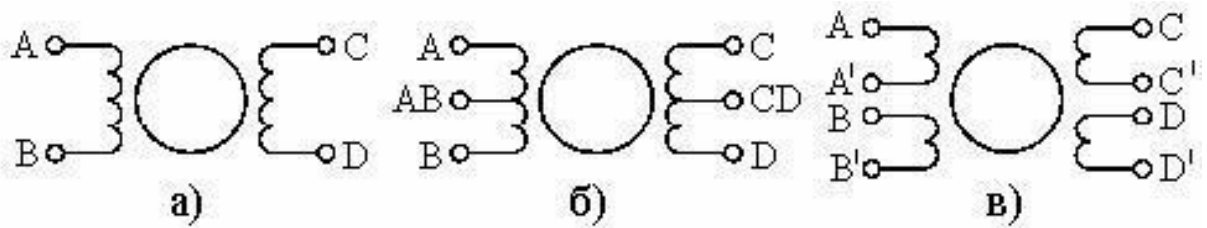
Рисунок 2.5 - Поздовжній розріз гібридного крокового двигуна

Фактично гібридний двигун являє собою двигун з постійними магнітами, але з більшим числом полюсів.

Біполярні і уніполярні крокові двигуни.

Біполярний двигун має одну обмотку в кожній фазі, яка для зміни напрямку магнітного поля повинна переполюсовуватися. Біполярний двигун має дві обмотки і, відповідно, чотири виводи рисунок 2.6, а.

					БРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



а) - біполярний, б) - уніполярний і в) - чотирьохобмотковий

Рисунок 2.6- Біполярний двигун

Уніполярний двигун має одну обмотку в кожній фазі, але від середини обмотки зроблений відвід. Це дозволяє змінювати напрямок магнітного поля, створюваного обмоткою, простим перемиканням половинок обмотки. Це спрощується схема керування.

Середні виводи обмоток можуть бути об'єднані усередині двигуна, тому такий двигун може мати 5 або 6 виводів рисунок 2.6, б. В уніполярному двигуні можуть бути роздільні 4 обмотки, із цієї причини його помилково називають 4-х фазним, у цьому випадку кожна обмотка має окремі виводи рисунок 2.6, в [18,21].

Якщо зрівняти біполярний і уніполярний крокові двигуни то біполярний двигун забезпечує більший момент при тих самих габаритах.

За результатами аналізу даних класифікацій крокових двигунів, для використання в лабораторному стенді обраний кроковий двигун[15]:

- поворотного типу (по характеру переміщення ротора);
- гібридний (по конструктивних особливостях);
- уніполярний (по конструктивних особливостях).

При зміні схеми підключення уніполярний двигун може працювати як біполярний, що збільшує можливості лабораторного стенда для вивчення крокових двигунів.

Вибір зроблений виходячи з вимог, сформованих у результаті аналізу конструкції лабораторного стенда[17].

- Простота конструкції і високий ступінь ремонтпридатності - наочна

демонстрація роботи однієї осі верстата із числовим програмним керуванням.

- Механічне з'єднання крокового двигуна і робочого механізму імітація КГП (кульково-гвинтова передача).

- Програма керування проста, наочна, у вільному доступі (не вимагає покупки ліцензії).

- Керування стендом здійснюється через персональний комп'ютер.

- Мінімальні економічні витрати (мінімальна вартість).

- Широка поширеність.

Для нашого стенда придбаний гібридний уніполярний кроковий двигун PM55L-048 рисунок 2.7.



Рисунок 2.7 - Кроковий двигун PM55L-048

Характеристики крокового двигателю PM55L-048:

- крутний момент: 44 Нм;

- тип: гібридний;

- кількість фаз: 2;

- струм / фаза: 0.2 А;

- сертифікація: Rohs;

- кут кроку (градуси): 7,5;

- артикул: NMB PM55L-048;

					БРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- маса: 232 г;
- напруга живлення В: 24.

Габаритні розміри крокового двигуна PM55L-048 представлено на рисунку 2.8.

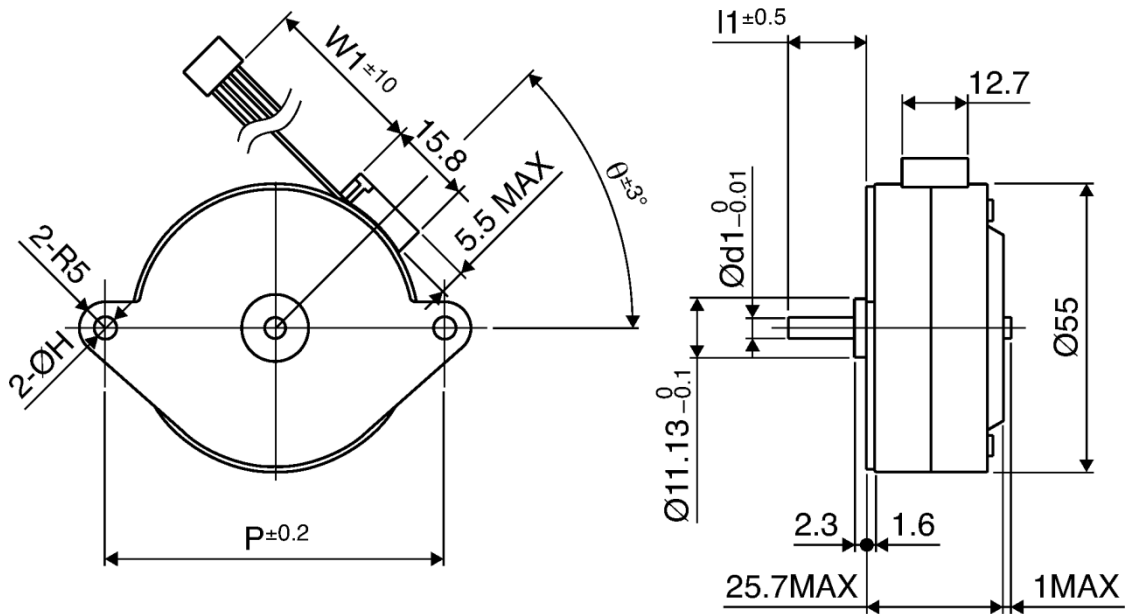


Рисунок 2.8 - Габаритні розміри двигуна PM55L-048

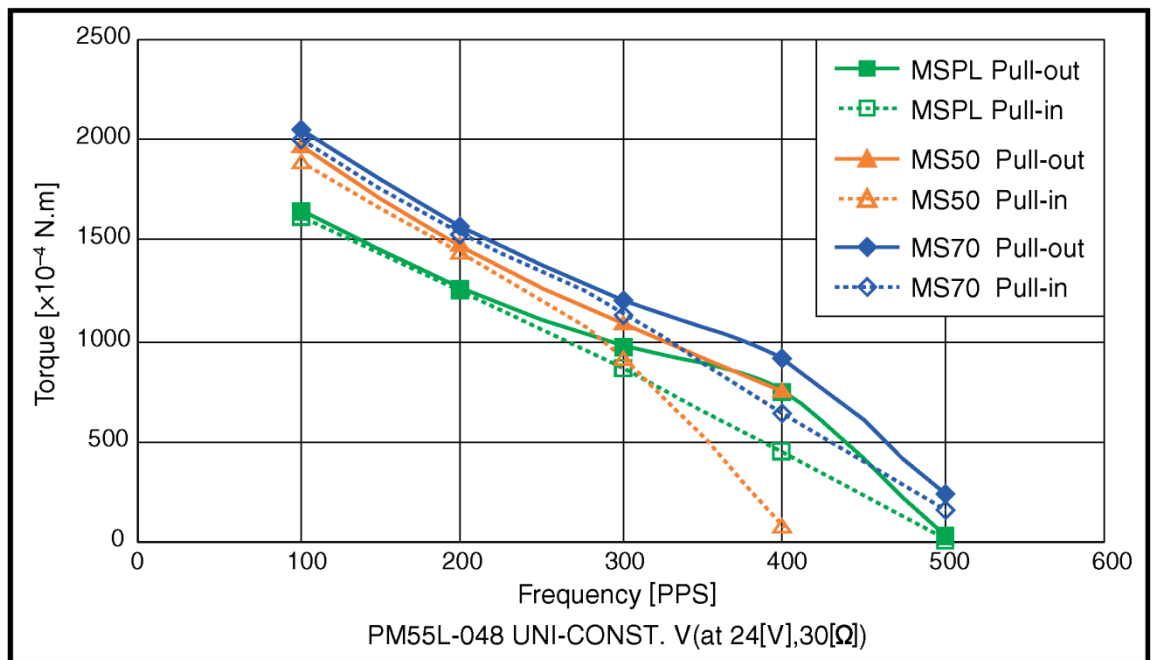


Рисунок 2.9 - Характеристики крокового двигуна PM55L-048

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.

29

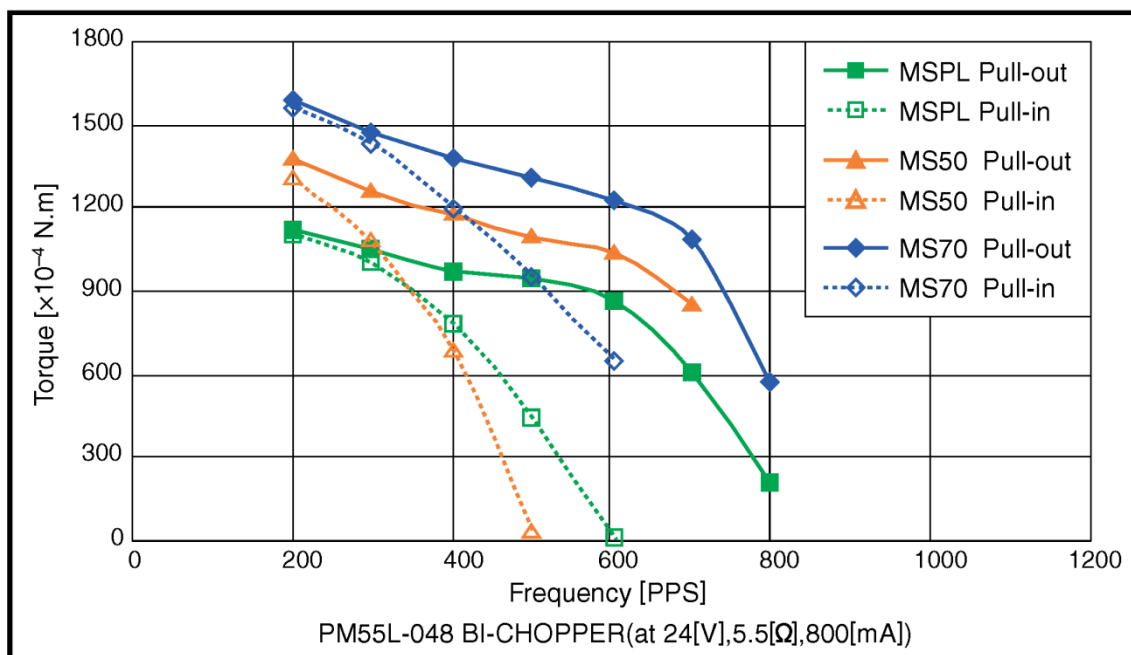


Рисунок 2.10 - Характеристики крокового двигуна PM55L-048

2.2 Керування кроковим двигуном

Основна ідея керування кроковим двигуном забезпечення обертання ротора на заданий кут. Під кроком прийнято називати мінімально можливе кутове переміщення ротора КД, забезпечуване його конструкцією в режимі повного кроку. При подачі одного керуючого сигналу ротор крокового двигуна робить один крок, тобто повертається на кут який закладений у нього конструкцією. Як правило, логічна схема виготовляється на транзисторних елементах, і якщо вихідний сигнал низький, то відповідна фаза обмотки відключається, а у випадку, якщо він високий – збуджується.

Існує кілька основних способів керування кроковим двигуном[18]:

- режим повного кроку;
 - дроблення кроку, яке охоплює напівкроковий і мікрокроковий режим керування;
 - векторне керування.
- Режим повного кроку.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Існує два поняття режиму повного кроку. Споконвічно під режимом повного кроку мали на увазі роздільне керування КД, тобто струм подавався на фази КД у різні моменти часу. У цей час під цим режимом повного кроку керування розуміють, таке керування при якому струм подається відразу на дві обмотки КД. Перевагою сучасного розуміння режиму повного кроку, є більше значення електромагнітного моменту. У цей момент повністю відмовилися від представлення режиму повного кроку, як режим роздільного керування[17].

Суть цього режиму в подачі напруги на одну з фаз статора реакцією крокового двигуна є поворот ротора на певний кут який залежить від конструкції двигуна рисунок 2.11. Мінняючи підключення фаз статора, одержуємо обертання ротора в потрібному напрямку і з потрібною частотою. Частота обертання обмежується конструктивними особливостями крокового двигуна і можливостями застосовуваною системою керування [1,6].

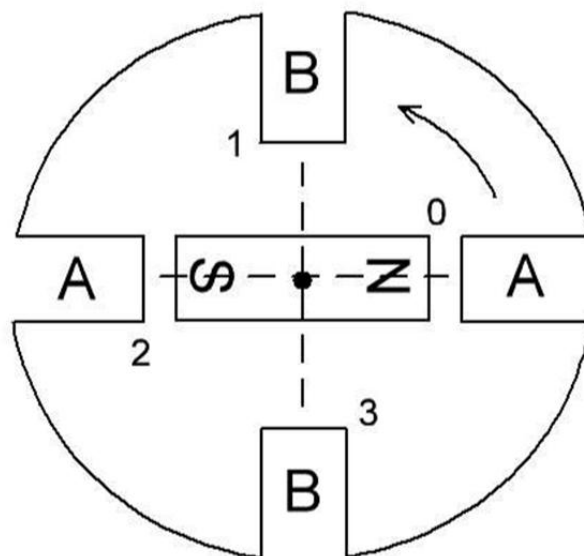


Рисунок 2.11 – Покроковий режим керування КД

Середній крутний момент на валу двигуна можна розрахувати по формулі (2.1).

$$\overline{T_{em}} = 0.9C_T I \quad (2.1)$$

Дроблення кроку.

Це спосіб керування кроковим двигуном спрямований на зменшення мінімального кута повороту ротора двигуна.

Виділяють напівкроковий і мікрокроковий режими керування

При напівкроковому режимі напруга подається на дві фази двигуна. При цьому ротор провертатися на половину того кута на який він повинен повернутися при повнокроковому режимі керування двигуном, тобто на половину кроку рисунок 2.12.

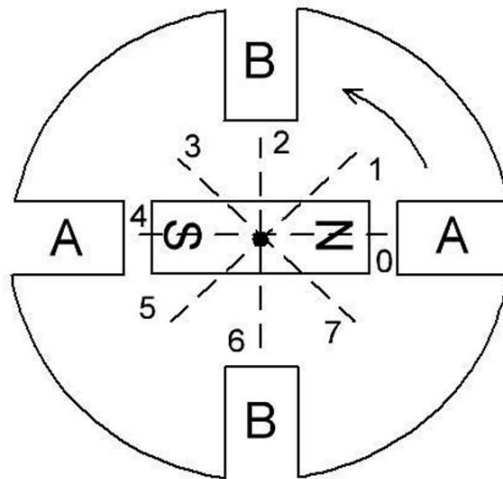


Рисунок 2.12 - Напівкроковий режим керування КД

У напівкроковому режимі середній крутний момент більше, чим при повнокроковому режимі керування, і його можна розрахувати по формулі (2.2).

$$\overline{T_{em}} = 1.17C_T I \quad (2.2)$$

При мікрокроковому режимі відбувається ще більше дроблення кроку.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Напруга подається теж на дві обмотки відразу, тільки тепер обмотки заживлені струмом різним за значенням і змінюються за законом \sin і \cos . Зміст мікрокрокового режиму лежить у подачі на обмотки КД сигналу, за своєю формою, що нагадує синусоїду. Звичайно такий режим використовується в системах позиціонування у верстатах ЧПК [9,21,22].

Середній крутний момент можна описати наступною формулою (2.3)

$$\overline{T_{em}} = 0.99 C_T I \quad (2.3)$$

При мікрокроковому режимі керування крутний момент вище, чим при використанні повнокрокового рисунок 2.13.

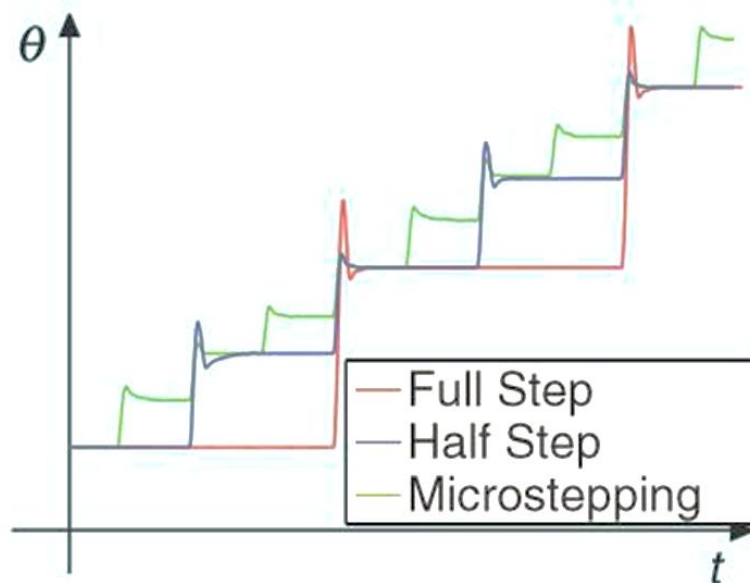


Рисунок 2.13 - Графік порівняння повнокрокового (Full step) напівкрокового (Half step) і мікрокрокового (Microstepping) режиму керування

Плюси даного режиму в зменшенні ривків при обертанні ротора, зменшенні кроку, виключенні резонансу і безшумності роботи. У той же час мають місце бути і недоліки, головними з яких є зменшення моменту і

ускладнення алгоритму керування [7].

Векторне керування.

Кроковий привод, поряд з перевагами, має недоліки, які значно обмежують область застосування КД, а саме:

- вібрація;
- резонанс;
- низька динаміка;
- наявність моменту, що стопорить;
- висока температура і низький ККД;
- низька точність позиціонування.

Вібрація властива кроковому і напівкроковому режимам керування.

При роботі крокового двигуна в реальних умови під навантаженням без датчика положення, система керування не знає реальне поточне положення ротора, що може привести до відхилення фактичного положення від заданого внаслідок пропуску кроків. У системах без зворотного зв'язку для запобігання пропуску кроків використовується плавний розгін і гальмування з істотним запасом. Це обмежує потенційні динамічні можливості привода [20,21].

Обмотки двигуна перебувають завжди під напругою, навіть при відсутності навантаження в наслідку чого велике споживання електроенергії, низький ККД і висока робоча температура.

Для вирішення протиріччя, сформованого при використанні КД, а також новим вимогам, пропонованим до точності виконуваного руху одержав поширення новий спосіб керування називаний векторним керуванням.

Пропуск кроків вирішується впровадженням у привод датчика положення. Принцип векторного керування полягає в підтримці постійного вектора потокозчеплення ротора ψR . Для цього необхідно подавати напругу на обидві фази А і В. Струми фаз створюють результуючий струм статора i_s

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

рисунок 2.14. Розрахунки поточного кута і керування струмами повинне виконуватися з високою частотою, для цього використовується процесор [22].

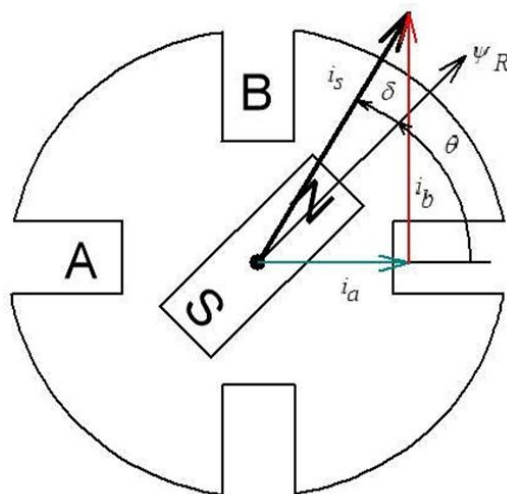


Рисунок 2.14 – Векторна діаграма крокового двигуна

Електромагнітний момент можна розрахувати по формулі (2.4),

$$T_{motor} = C_T i_s \sin(\delta), \quad (2.4)$$

де C_T - момент пропорційний току статора;

δ – кут між вектором струму статора і вектором потокозчеплення ротора.

Реалізація векторного керування представлено на рисунку 2.15 [18].

Використання замкненого контуру рисунок 19 при векторному керуванні:

- виключається коливання моменту;
- усуває вібрації;
- забезпечує високі динамічні показники;
- виключає пропуск кроків.
- збільшує ККД.

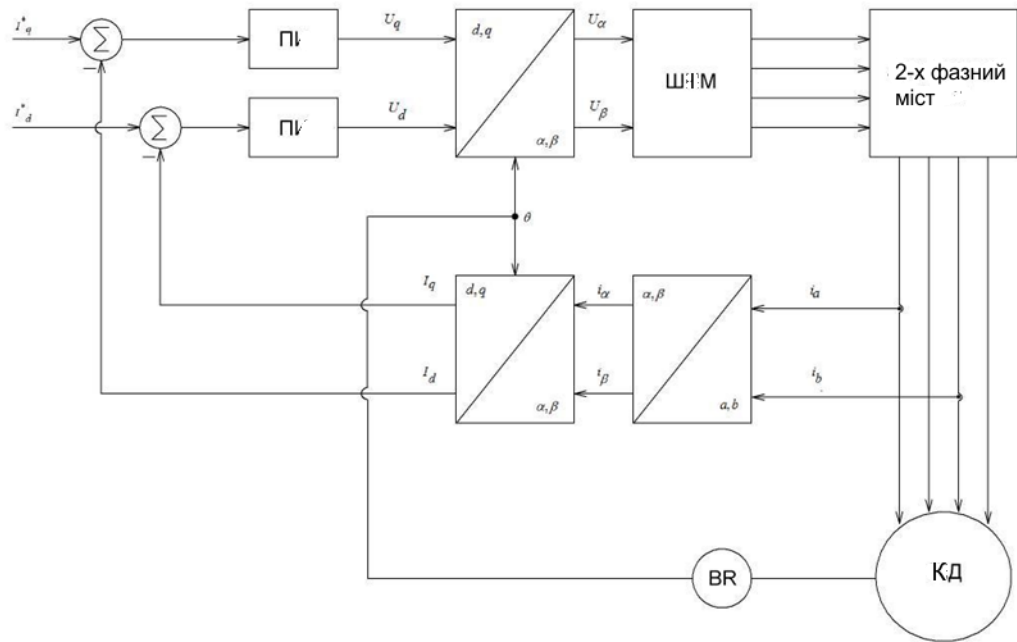


Рисунок 2.15 – Структурна схема векторного керування КД

Сучасні процесори дозволяють реалізувати додаткові функції:

- електронний редуктор;
- ПЛК - програмувальний логічний контролер;
- лінійну і кругову інтерполяцію – функція числового програмного керування;
- функція відстеження стану кінцевих вимикачів;
- відстеження температури (двигуна, робочого середовища і т.д.);
- захист від короткого замикання;
- захист від стрибків напруги живлення.

Використання векторної системи керування дає можливість застосування крокових двигунів у сучасних системах числового програмного керування, забезпечуючи низьку собівартості

Провівши аналіз способів керування кроковим двигуном вибираємо спосіб керування - дроблення кроку, яке охоплює режим повного кроку напівкроковий режим [15].

Векторне керування значно ускладнює схему керування, вартість і

складність стенда.

2.3 Вимоги до системи керування кроковим двигуном лабораторного стенда

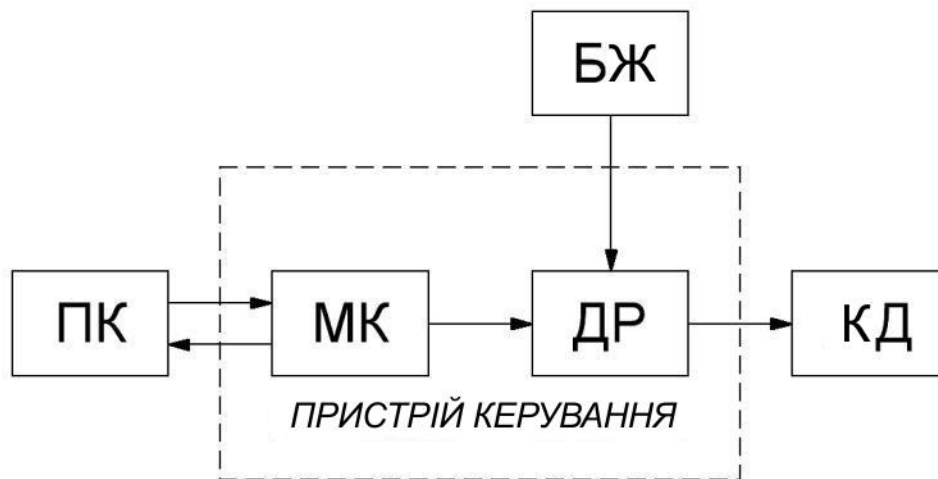
Сформуємо вимоги до пристрою керування лабораторним стендом:

- складається з мінімальної кількості елементів;
- високий ступінь ремонтпридатності;
- низька собівартість;
- відсутність програмувального мікроконтролера;
- інтерфейс розташований на ПК;
- інтерфейс простий і функціональний;
- програма керування у вільному поширенні (не вимагає покупки ліцензії);
- забезпечує режими роботи необхідні для дослідження роботи крокового двигуна і принципів роботи ЧПК.

Система повинна працює в такий спосіб: усі режими задані оператором розраховуються в комп'ютері (повний крок, 1/2, напрямок, значення корекції на реверс швидкість, розгін гальмування.), дані надходять у контролер, у контролері сигнали проходять через мікросхеми твердої логіки і подаються на драйвер. Плата драйвера крокового двигуна формує сигнали, який подається на обмотки статора крокового двигуна [17].

Нижче представлена необхідна нам структурна схема електричного привода із кроковим двигуном рисунок 2.16.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ПК – персональний комп'ютер, МК – мікроконтролер, ДР – мікросхема драйвера крокового двигуна, БЖ – блок живлення крокового двигуна, КД – кроковий двигун

Рисунок 2.16 – Структурна схема системи керування кроковим двигуном

Висновки до другого розділу

Обраний кроковий двигун для створення лабораторного стенда. Для цього зроблений огляд наявних варіантів з оцінкою їх переваг і недоліків.

Розглянуті способи керування кроковим двигуном: дроблення кроку і векторне керування кроковим двигуном. Проаналізовані їхні переваги і недоліки.

Розроблена електромеханічна частина лабораторної установки. Обраний для використання в стенді гібридний уніполярний кроковий двигун. Механічна частина імітує одну вісь верстата зі ЧПК.

3 РОЗРОБКА ПЛАТИ ТА ВИБІР ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ

3.1 Вибір плати керування кроковим двигуном

На ринку і в інтернеті представлена велика кількість блоків керування кроковими двигунами[18]:

- повністю автономні;
- схеми для самостійного складання з готовим набором елементів і платою;
- схеми для самостійного виготовлення.

Повністю автономні це програмувальні через USB або RS-232 блоки керування. призначені для керування різними по виконанню кроковими двигунами різних потужностей. Ці блоки керування підтримують повнокроковий режим роботи або здійснює дроблення на 1/2, 1/4, 1/16 кроку.

Є також непрограмовані блоки керування. Все керування кроковим двигуном здійснюється із самого блоку кнопками керування, «крок», «напрямок», «дозвіл».

Вартість таких блоків на ринку становить від 2300 грн.

Схеми для самостійного складання містять у собі мікроконтролер і силові ключі та систему обв'язки. Залежно від потужності і функціональності їх вартість починається від 400 грн.

Схеми для самостійного виготовлення дуже широко представлені в мережі інтернет і по складності схемотехнічного рішення. Сумарна вартість елементів для їхнього складання починається від 50 грн.

Порівняння ціни різних варіантів представлено в таблиці 3.1.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Таблиця 3.1 - Порівняння вартості блоків керування КД

Назва блоку	Вартість, грн
SMD-80M-02	2688
Same 002ZL170N	1000
TB6560, 3A, 12-24V	330
DRV8825	126

Таким чином, у результаті аналізу існуючих рішень для керування кроковим двигуном, розглянуті блоки керування кроковими двигунами не підходять нам за критерієм ціни, простоти в експлуатації і рівню ремонтпридатності. Необхідно скласти критерії вибору плати керування, вибрати схему плати керування і виготовити її.

3.2 Огляд програм застосовуваних для роботи із платами керування кроковими двигунами

У результаті пошуку у всесвітній мережі програм керування, були обрані для аналізу наступні :

- Turboсnc;
- Mach;
- kcam;
- Vri-сnc.

Основні критерії пропоновані до програм, такі:

- безкоштовне розповсюдження (не вимагає покупки ліцензії);
- простий інтерфейс (підготовка до лабораторної роботи не повинна займати багато часу);
- дозволяє працювати з обраним двигуном (гібридний , уніполярний);
- дозволяє забезпечити обрані режими роботи (крок, дроблення кроку).

Складемо матрицю прийняття рішення таблиця 3.2.

Таблиця 3.2- Матриця прийняття рішення

Програма	Вартість Ліцензії	Простота інтерфейсу	Може працювати з гібридним уніполярним КД	Забезпечує режим крок і дроблення кроку	Сума балів
Turbosnc	3	6	3	3	162
Mach	3	6	3	3	162
kcam	1	3	3	3	27
Vri-snc	9	6	3	3	486

За результатами аналізу обрана безкоштовна програма Vri-snc.

3.3 Опис контролера Vri-snc

У результаті аналізу існуючих схем керування був обраний для виготовлення і застосування на лабораторному стенді контролера Vri-snc разом з керуючою програмою Vri-snc.

Найпростіша схема контролера для керування кроковими двигунами на трьох мікросхемах SN74LS75N.

Електрична частина ділиться на три складові рисунок 3.1:

- блок живлення;
- контролер;
- драйвер.

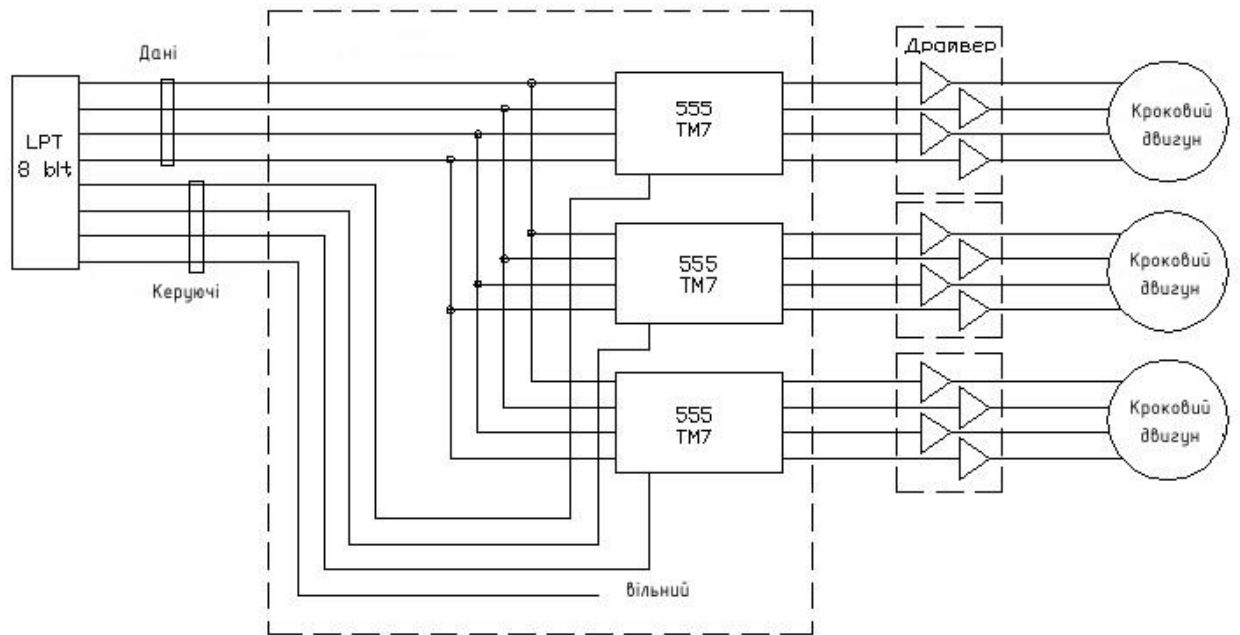


Рисунок 3.1 - Схема блоку керування

Блок живлення: 24в 5А – для живлення крокових двигунів лабораторного стенда і схеми контролера .

Контролер Vri-спс.

Контролер працює послідовно з кожним двигуном. Одночасна робота всіх двигунів забезпечується швидким перемиканням керування. Контролер керування виконаний на мікросхемах твердої логіки SN74LS75N рисунок 22.

Вісім біт, що йдуть від LPT порту розділяються на дві групи по 4біта таблиця 3.4: дані і керуючі. При одержанні сигналу одним із трьох тригерів, дані записуються в тригер мікросхеми SN74LS75N і надходять на драйвер крокового двигуна. При знятті з мікросхеми SN74LS75N дозвільного сигналу дані в тригері зберігаються[16].

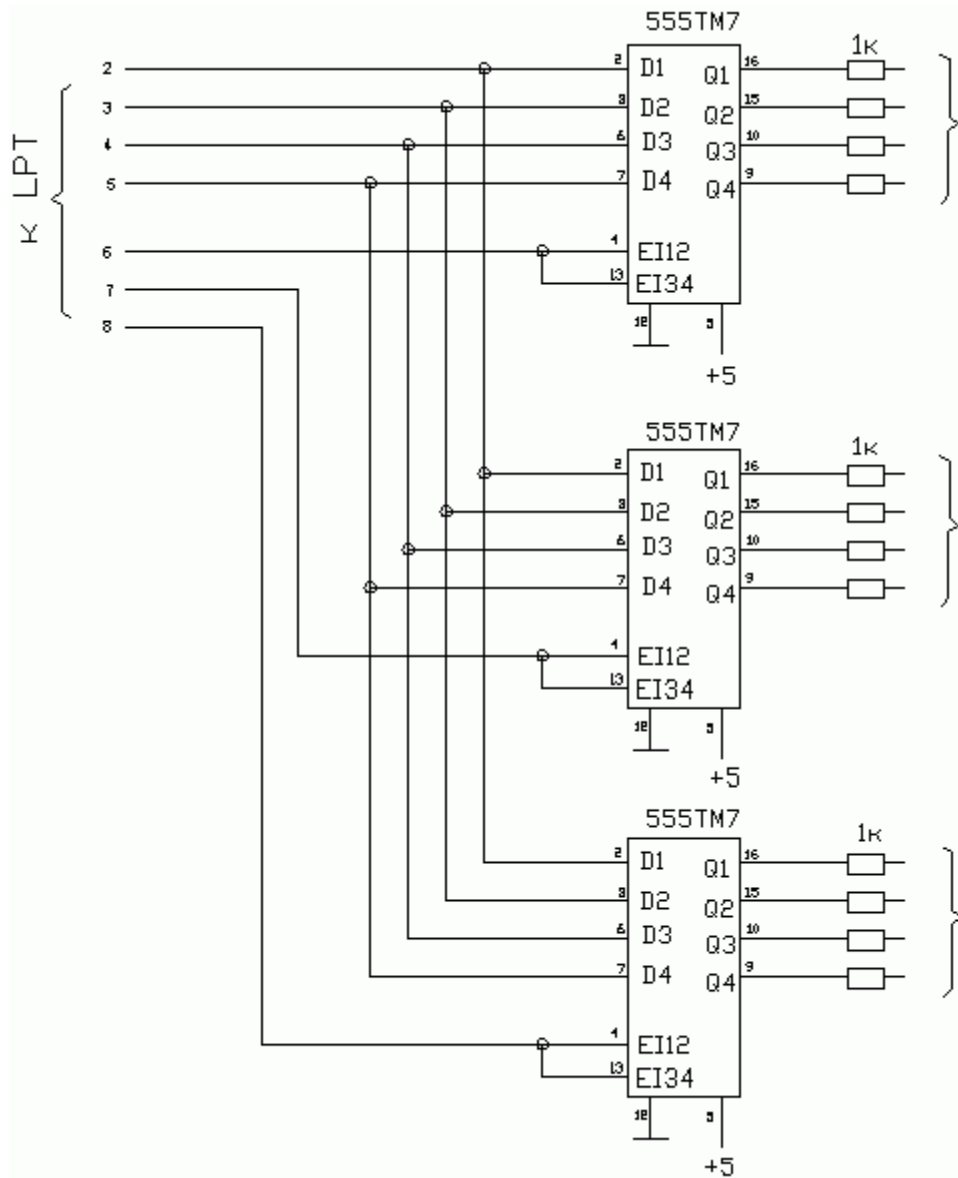


Рисунок 3.2 - Електрична схема контролера

LPT –порт призначення виводів представлено в таблиці 3.3.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.

43

Таблиця 3.3 - Призначення виводів LPT –порту

Вивід	Назва	Напрямок	Опис
1	STROBE	ввід і вивід	встановлюється РС після завершення кожної передачі
2..9	DO-D7	вивід	вивід
10	ACK	ввід	установлюється в "0" зовнішнім пристроєм після
11	BUSY	ввід	пристрій показує, що воно зайняте, шляхом установки
12	Paper out	ввід	для принтерів
13	Select	ввід	пристрій показує, що воно готове, шляхом установки
14	Auto feed		
15	Error	ввід	індукує про помилку
16	Initialize	ввід і вивід	
17	Select In	ввід і вивід	
18..25	Ground	GND	загальний провід

Таблиця 3.4 - Поділ бітів

Біти LPT							
0	1	2	3	4	5	6	7
дані				Керуючий сигнал – визначає на який двигун прийде сигнал			

Для подачі на другий двигун сигналу 0101 необхідно подати дозвільний сигнал на другий SN74LS75N тобто видати в порт LPT сигнал таблиця 3.5.

Таблиця 3.5 - Надані дані на кроковий двигун 2

Біти LPT							
0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	0	1	0	1	0	0
Надані дані на кроковий двигун. Дані йдуть на 2 двигун							

Схема драйвера представлена на рисунку 3.3.

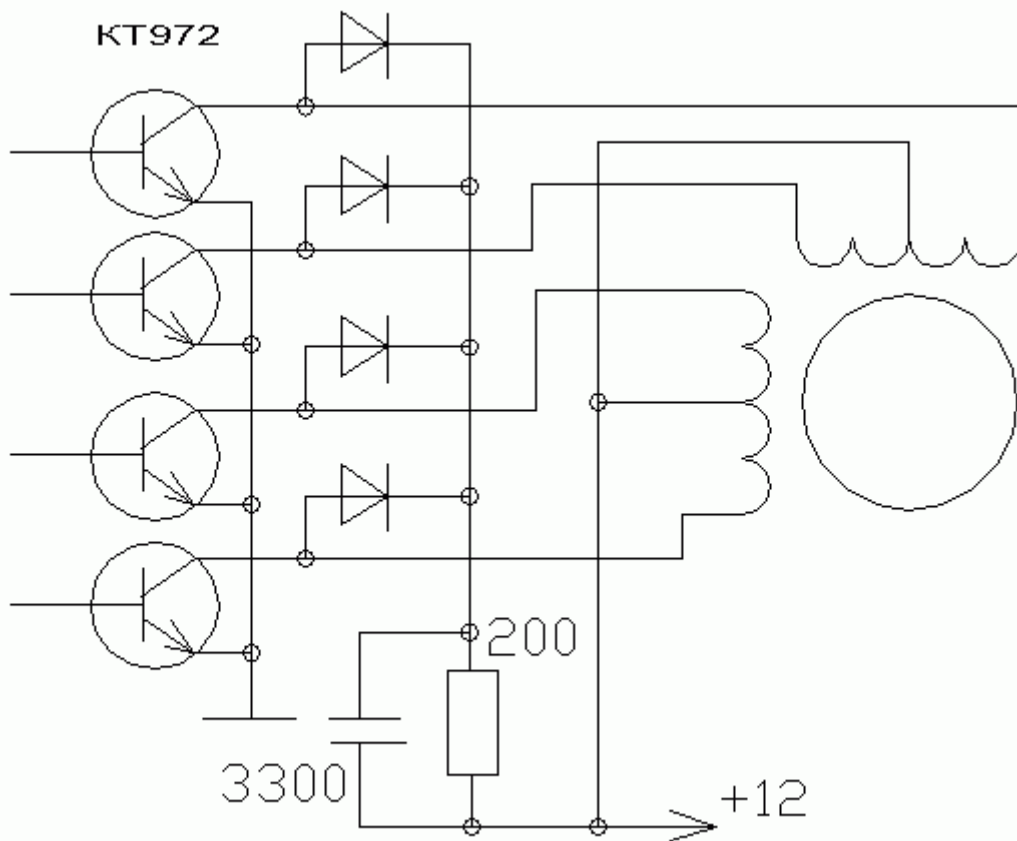
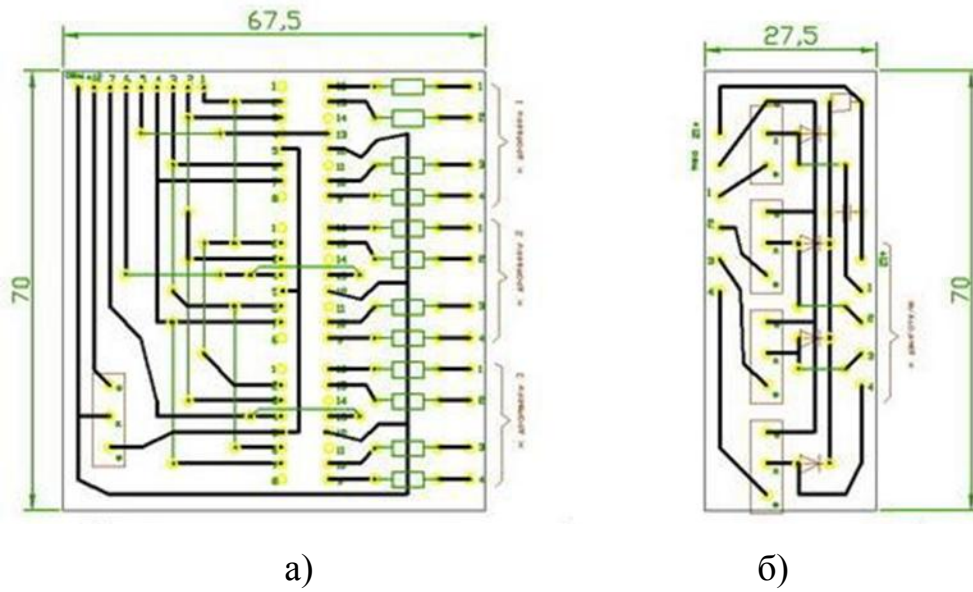


Рисунок 3.3 - Схема драйвера

Драйвер для крокового двигуна зібраний за схемою рисунок 3.3, друкована плата для драйвера представлено на рисунку 3.4.



а)

б)

а) – контролер, б) – драйвер

Рисунок 3.4 - Друкована плата контролера Vri-сnc

Розроблена плата контролера Vri-сnc представлено на рисунку 3.5.

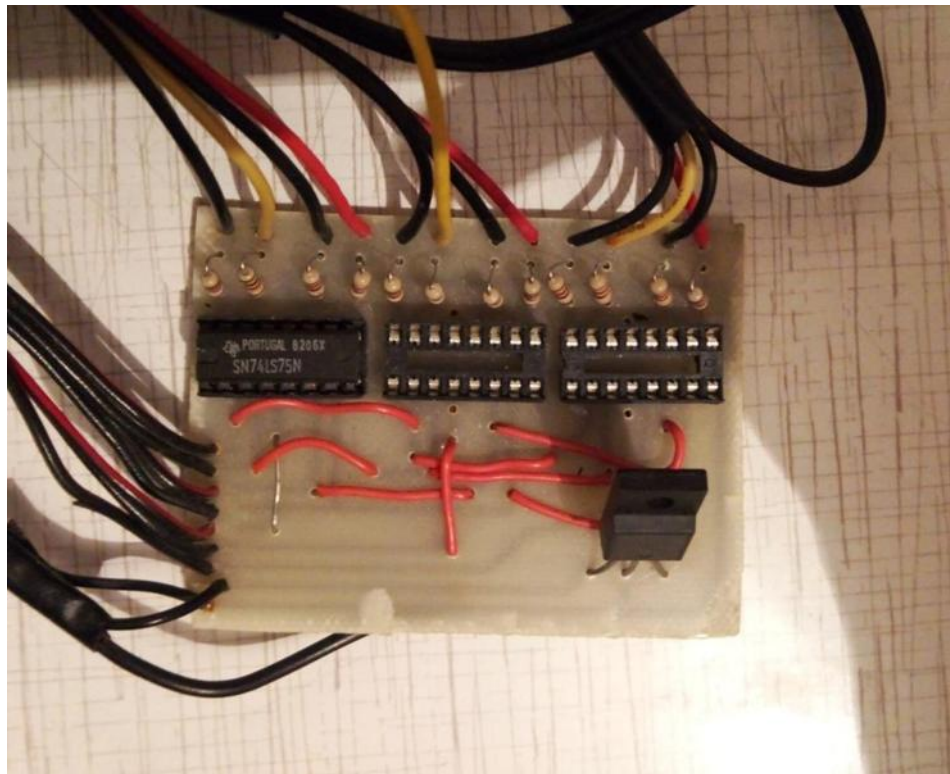


Рисунок 3.5 - Розроблена плата контролера Vri-сnc

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.

46

Розроблений драйвер Vri-сnc представлено на рисунку 3.6.

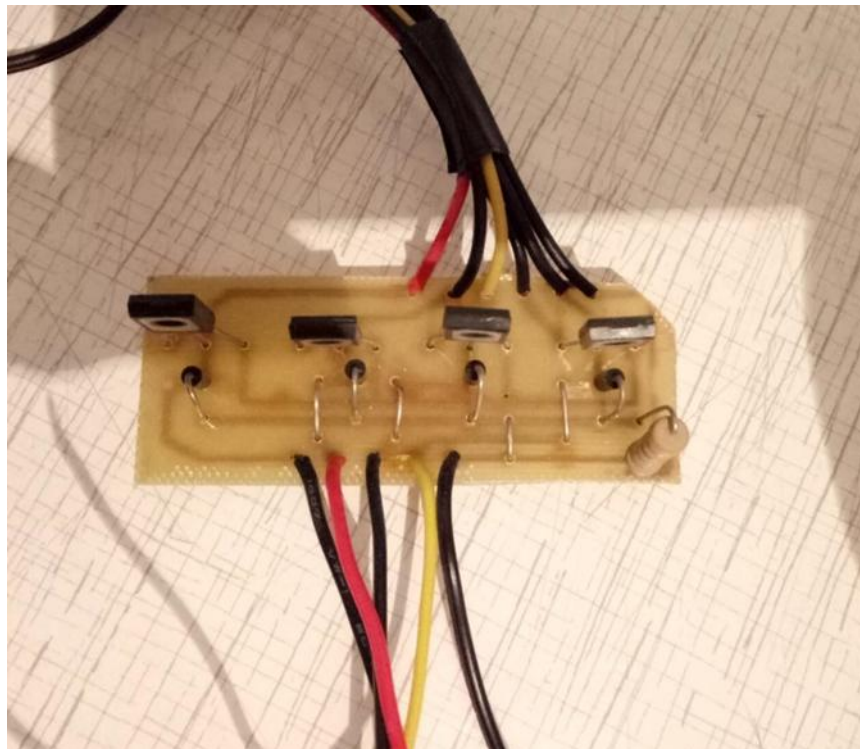


Рисунок 3.6 - Розроблена плата драйвера

Роз'єм для підключення до паралельного порту комп'ютера представлено на рисунку 3.7.

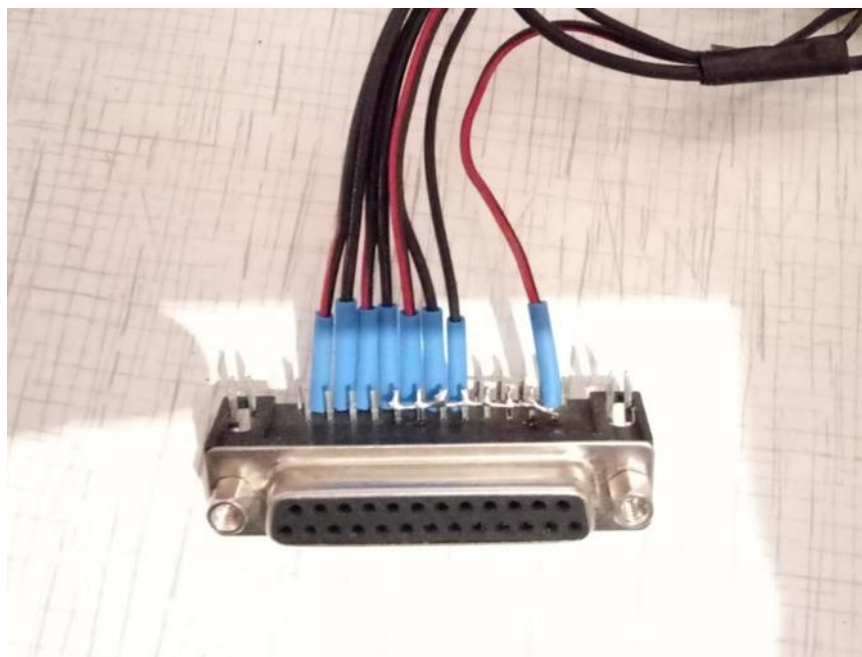


Рисунок 3.7 - Роз'єм підключення контролера до LPT порту

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до третього розділу

Зроблений аналіз наявних рішень по керуванню лабораторним стендом.

Обрані компоненти системи керування КД: плата керування, силова плата (драйвер). Прийнято рішення самостійно виготовити дані блоки.

Проведений аналіз доступних програм керування, обрана програма VRI-CNC. Проведений її опис.

Виготовлена плата керування, виготовлена плата драйвера.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті роботи над бакалаврською роботою було розглянуто автоматичне керування верстатом за допомогою комп'ютера (який перебуває усередині верстата) і програми обробки (керуючої програми), а також особливості обладнання і конструкції фрезерних верстатів зі ЧПК.

Проведено огляд та аналіз основних функціональних складових (підсистем) ЧПК, які умовно можна розділити на три підсистеми:

- підсистему керування;
- підсистему приводів;
- підсистему зворотного зв'язку.

Обраний кроковий двигун для створення лабораторного стенда. Для цього зроблений огляд наявних варіантів з оцінкою їх переваг і недоліків.

Розглянуті способи керування кроковим двигуном: дроблення кроку і векторне керування кроковим двигуном. Проаналізовані їхні переваги і недоліки.

Розроблена електромеханічна частина лабораторної установки. Обраний для використання в стенді гібридний уніполярний кроковий двигун. Механічна частина імітує одну вісь верстата зі ЧПК.

Зроблений аналіз наявних рішень по керуванню лабораторним стендом.

Обрані компоненти системи керування КД: плата керування, силова плата (драйвер). Прийнято рішення самостійно виготовити дані блоки.

Проведений аналіз доступних програм керування, обрана програма VRI-CNC. Проведений її опис.

Виготовлена плата керування, виготовлена плата драйвера.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Іванов О.М., Петренко В.С. "Розробка лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах для навчання студентів" // Вісник Київського національного університету. Серія "Техніка і енергетика". - 2018. - Вип. 28. - С. 32-37.
2. Ковальчук М.В., Бобак Є.М. "Методика розробки лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах" // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2016. - № 3 (97). - С. 46-52.
3. Гордієнко О.О., Шаповал О.В. "Використання крокових двигунів у лабораторному стенді з ЧПК" // Електротехніка і електромеханіка. - 2019. - № 2. - С. 63-68.
4. Іваненко О.М., Петров В.С. "Оптимізація параметрів лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах" // Енергетика та електротехніка. - 2017. - № 4. - С. 78-84.
5. Кравченко В.В., Іванова О.П. "Аналіз режимів роботи лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах" // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2015. - № 2 (92). - С. 54-60.
6. Білецький А.І., Шевченко В.М. "Моделювання лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах у середовищі LabVIEW" // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2020. - Вип. 203. - С. 70-76.
7. Коваленко В.І., Литвин О.В. "Розробка програмного забезпечення для керування лабораторним стендом з ЧПК на крокових двигунах" // Електротехніка і електромеханіка. - 2016. - № 4. - С. 58-64.
8. Петренко В.С., Іваненко О.М. "Аналіз точності руху крокових двигунів у лабораторному стенді з ЧПК" // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2018. - № 1 (105). - С. 24-30.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Григоренко Д.О., Шевченко І.В. "Дослідження електромагнітної сумісності лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах" // Електротехніка і електромеханіка. - 2017. - № 3. - С. 55-60.

10. Іванов В.О., Петренко В.С. "Визначення оптимальних крокових двигунів для лабораторного стенду з ЧПК" // Енергетика та електротехніка. - 2019. - № 1. - С. 56-62.

11. Лисенко А.В., Петренко В.С. "Моделювання роботи лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах з використанням MATLAB" // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2020. - № 1 (111). - С. 14-20.

12. Горбачук А.М., Іваненко О.М. "Аналіз стійкості руху крокових двигунів у лабораторному стенді з ЧПК" // Енергетика та електротехніка. - 2018. - № 3. - С. 67-72.

13. Петров В.С., Шаповал О.В. "Методика калібрування лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах" // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". - 2017. - Вип. 45. - С. 87-92.

14. Кравченко В.В., Іванова О.П. "Аналіз режимів роботи лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах" // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2015. - № 2 (92). - С. 54-60.

15. Білецький А.І., Шевченко В.М. "Моделювання лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах у середовищі LabVIEW" // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2020. - Вип. 203. - С. 70-76.

16. Шевченко І.В., Козаченко С.М. "Вплив розташування крокових двигунів на точність позиціонування лабораторного стенду з ЧПК" // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2017. - № 3 (99). - С. 34-40.

17. Петренко В.С., Іваненко О.М. "Автоматизація процесу регулювання параметрів лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах" // Електротехніка і електромеханіка. - 2016. - № 4. - С. 58-64.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

18. Коваленко В.І., Литвин О.В. "Розробка програмного забезпечення для керування лабораторним стендом з ЧПК на крокових двигунах" // Електротехніка і електромеханіка. - 2016. - № 4. - С. 58-64.

19. Шаповал О.В., Гордієнко О.О. "Вплив коефіцієнта кінематичної навантаженості на точність руху лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах" // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". - 2018. - Вип. 45. - С. 87-92.

20. Іваненко О.М., Петренко В.С. "Розробка алгоритмів позиціонування лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах" // Енергетика та електротехніка. - 2017. - № 3. - С. 67-72.

21. Лисенко А.В., Петренко В.С. "Моделювання роботи лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах з використанням MATLAB" // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2020. - № 1 (111). - С. 14-20.

22. Горбачук А.М., Іваненко О.М. "Аналіз стійкості руху крокових двигунів у лабораторному стенді з ЧПК" // Енергетика та електротехніка. - 2018. - № 3. - С. 67-72.

23. Петров В.С., Шаповал О.В. "Методика калібрування лабораторного стенду з ЧПК на крокових двигунах" // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". - 2017. - Вип. 45. - С. 87-92.

					<i>БРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					БРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53