

УДК 62-503.55

## БАГАТОКОНТРОЛЕРНИЙ ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ З ЕЛЕКТРИЧНИМИ СЕРВОПРИВОДАМИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ТА ІНКРЕМЕНТАЛЬНИМИ ЕНКОДЕРАМИ

**І. С. Конох, М. Ю. Базишин**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. Е-mail: [kis\\_saue@mail.ru](mailto:kis_saue@mail.ru)

Робота належить до позиційних систем керування промисловими роботами й може бути використана для модернізації або створення адаптивної системи керування робота-маніпулятора PUMA-560 з покращеними перехідними процесами й підвищеною точністю позиціонування сумісно із силовими модулями AWD-10-36 і промисловим комп'ютером.

Пристрій виконує читання сигналів сенсорів положення та струму, розрахунок керуючих впливів і формування напруги живлення приводів ланок робота-маніпулятора. Підвищення точності в динамічному режимі досягається шляхом зміни коефіцієнтів ПІД-регулятора положення при переході з однієї до іншої частини траєкторії.

Система спостерігає за своїм станом у цілому, керує й контролює рух робота-маніпулятора, забезпечує незалежне регулювання за швидкістю й положенням кожного приводу окремо, формує керуючий вплив на силові перетворювачі з урахуванням обмежень положення маніпулятора в просторі, забезпечує двосторонній зв'язок із промисловим комп'ютером.

**Ключові слова:** робот-маніпулятор, регулятор положення.

## МНОГОКОНТРОЛЕРНОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕРВОПРИВОДАМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА И ИНКРЕМЕНТАЛЬНЫМИ ЭНКОДЕРАМИ

**И. С. Конох, М. Ю. Базишин**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. Е-mail: [kis\\_saue@mail.ru](mailto:kis_saue@mail.ru)

Работа относится к позиционным системам управления промышленными роботами и может быть использована для модернизации или создания адаптивной системы управления робота-маніпулятора PUMA-560 с улучшенными переходными процессами и повышенной точностью позиционирования совместно с силовыми модулями AWD-10-36 и промышленным компьютером.

Устройство выполняет чтение сигналов сенсоров положения и тока, расчет управляющих воздействий и формирование напряжения питания приводов звеньев робота-маніпулятора. Повышение точности в динамическом режиме достигается путем изменения коэффициентов ПИД-регулятора положения при переходе с одной к другой части траектории.

Система наблюдает за своим состоянием в целом, управляет и контролирует движение робота-маніпулятора, обеспечивает независимое регулирование по скорости и положению каждого звена отдельно, формирует управляющие воздействия на силовые преобразователи с учетом ограничений положения манипулятора в пространстве, обеспечивает двустороннюю связь с промышленным компьютером.

**Ключевые слова:** робот-маніпулятор, регулятор положения.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Розвиток серійного й дрібносерійного виробництва породив протиріччя між відносно високим рівнем автоматизації основних технологічних процесів і низьким рівнем автоматизації в області підготовчих операцій. Використання промислових роботів (ПР) або створюваних на їх основі роботизованих технологічних комплексів, що

володіють гнучкістю в керуванні, універсальністю й автономністю використання, дозволяє найбільш ефективно усунути проблему й вирішити завдання комплексної автоматизації дільниць, цехів і заводів.

Актуальність розробки нової системи керування (СК) роботом-маніпулятором РМ-01 виправдана тим, що системи управління, які раніше використовувалися (Puma Mark III, Сфера-36 (56)), безнадійно застаріли. Придбання сучасних позиційних або контурних систем керування для учбового закладу не є рентабельним. Також важливим аспектом є доступ до вихідного програмного коду подібних систем, що дозволить реалізувати й досліджувати інтелектуальні та енергозберігаючі технології в керуванні промисловими роботами.

Керування роботами-маніпуляторами має низку відмінностей від управління іншими промисловими об'єктами. Перш за все це пов'язано з великою кількістю роздільно керованих механічних осей. У виробництві найбільш поширені роботи, що мають у своєму складі шість і більше осей. Між осями існують кінематичні та динамічні зв'язки, які необхідно враховувати, щоб досягнути необхідної якості процесів управління. Нелінійність кінематичної схеми, що властива більшості роботів, накладає суттєві обмеження на величину швидкостей і прискорень у різних точках робочого простору. Крім того, існують робочі зони, в яких виникають обмеження орієнтації робочого інструменту [1].

Метою досліджень є створення системи керування виконавчими приводами робота-маніпулятора. До функцій розробленої СК належить перетворення сигналів імпульсних енкодерів положення, контролю струму двигунів, незалежного регулювання положення та швидкості кожної ланки, двостороннього зв'язку з промисловим комп'ютером, який виконує обчислення завдання для регуляторів кожного приводу.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** *Структура системи керування.* Відома загальна структура системи керування рухом одноланкової електромеханічної системи (рис. 1), яка була прийнята за основу під час розробки пристрою керування. Промисловий робот-маніпулятор має декілька таких систем у своєму складі, які впливають одна на одну за рахунок зміни моментів опору, зміни моментів інерції, наявності кінематичних зв'язків, обмеження потужності вторинного джерела живлення електроприводів [1].

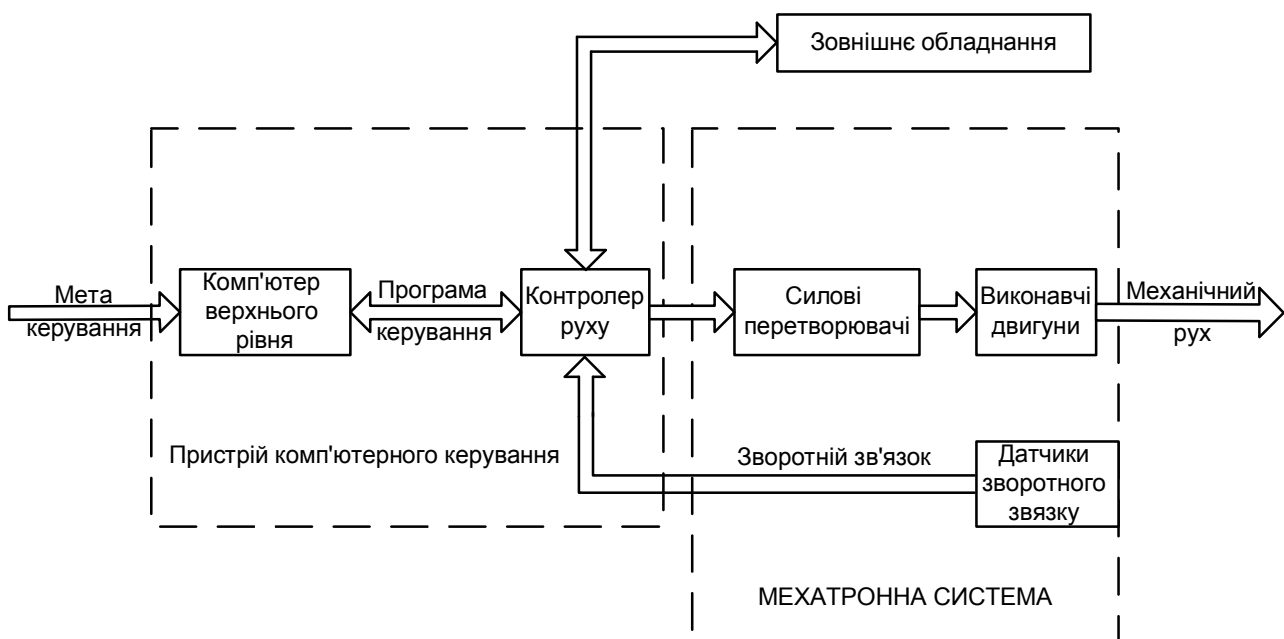


Рисунок 1 – Структура системи керування функціональним рухом

Робот РМ-01 (рис. 2) є універсальним електромеханічним промисловим роботом з управлінням від ЕОМ. РМ-01 – це аналог моделі PUMA-560, що має антропоморфну структуру (подібну руці людини) з шістьма обертальними зчленуваннями. ПР здатний виконати самі різні рухи. Маніпулятор має шість пар ланок п'ятого класу. Обертання ланок здійснюється навколо осей, що проходять через центри суглобів. Кожна ланка має сервопривід постійного струму зі збудженням від постійних магнітів, потенціометричні та оптично-імпульсні сенсори положення, зубчасті передачі, електромагнітні гальма (ЕМГ) [2].

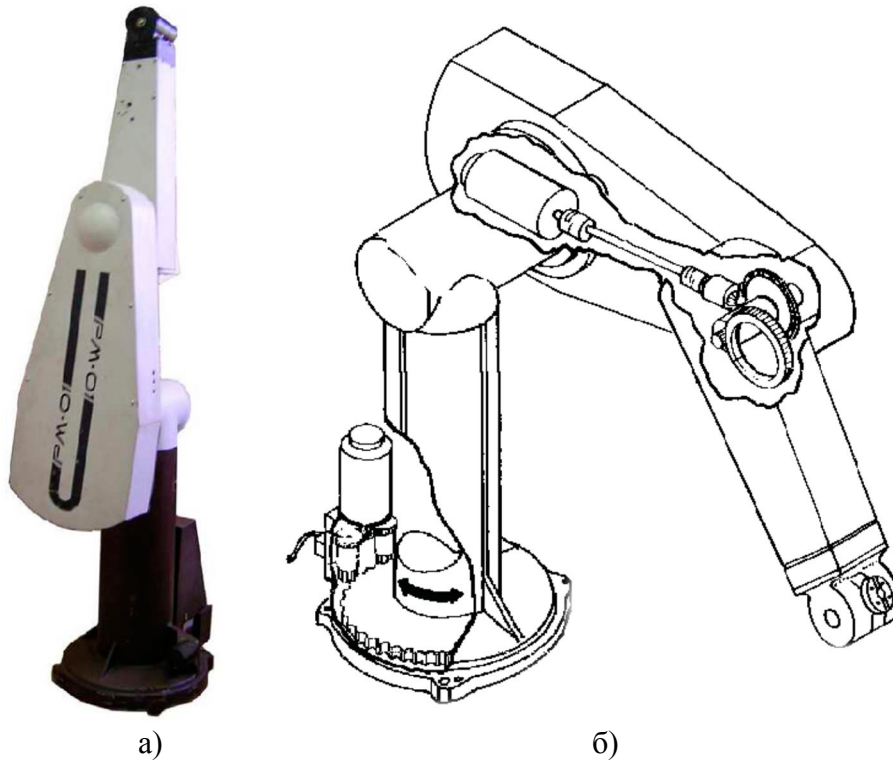


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд маніпулятора РМ-01:  
а) загальний; б) у розрізі

Робот складається з двох основних частин: маніпулятора ("руки") моделі "Puma-560" та пристрою керування з'єднаними кабелями. По одному кабелю подається живлення серводвигуна, а по іншому – сигнали від імпульсних датчиків і потенціометрів. На основі цих сигналів розраховується швидкість їх руху та поточне переміщення. Привід включає шість двигунів постійного струму незалежного збудження (ДПС-НЗ) від постійних магнітів, максимальна напруга живлення 42 В, струм до 10 А. Також у складі сервоприводу знаходиться ЕМГ, яке необхідно відключати окремим сигналом при переміщенні ланки. Гальма включаються при виключенні напруги живлення двигунів, при цьому маніпулятор блокується в тому положенні, в якому він знаходився у момент виключення живлення. Для техобслуговування й ремонту гальма можуть бути розблоковані, і тоді маніпулятор можна рухати самотужки. Коаксіальне розташування валів у маніпуляторі забезпечує малі розміри й масу конструкції.

Ступені свободи ПР показано на рис. 3. Перша ступінь рухливості – колона. Двигун першого ступеня рухливості встановлений у кожусі поза нижньої частини колони. На вал двигуна встановлено циліндричне зубчасте колесо з валом, яке за допомогою шестерні й ведучого вала передає обертальний рух на циліндр зубчастого вінця. Він, у свою чергу, з'єднаний зі стовбуром колони, здійснюючи її обертання.

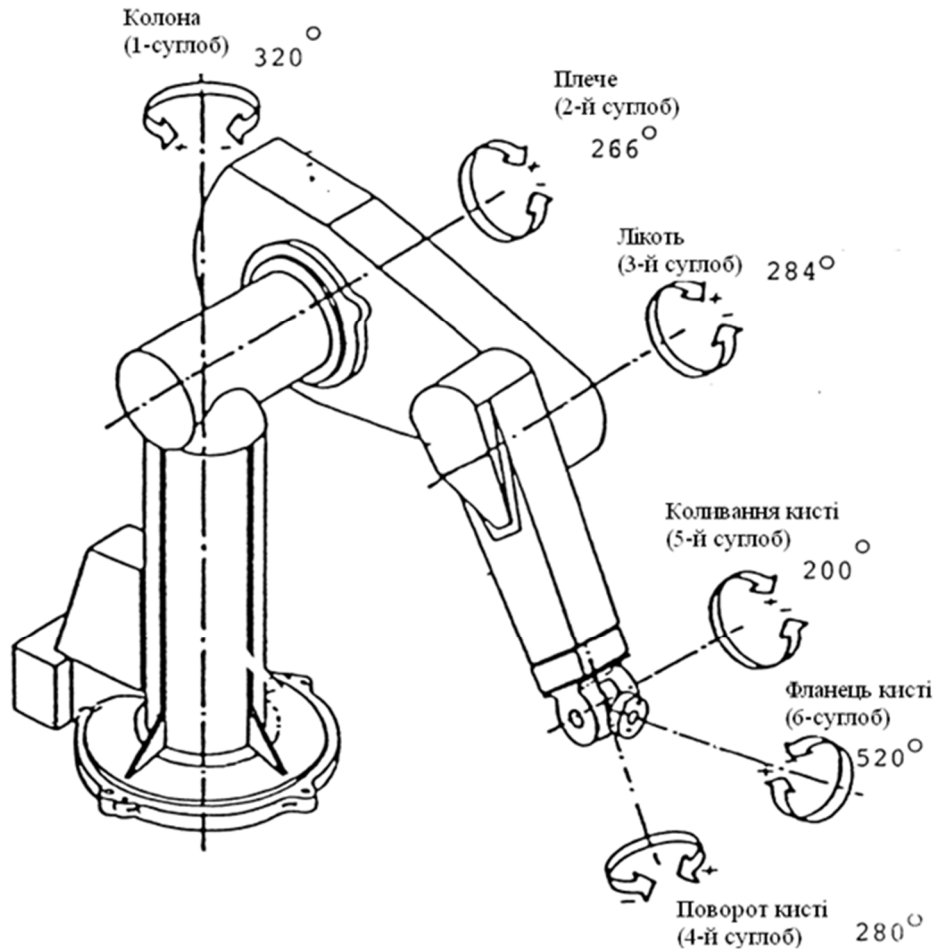


Рисунок 3 – Ступені рухливості маніпулятора

Друга ступінь рухливості – плече. Слідкуючий двигун та зубчасті передачі встановлені в задній частині ланки між плечем і ліктем. Передача двоступенева. Вал серводвигуна, на якому встановлено кінчне зубчасте колесо з валиком, обертає ведучу шестерню, яка з'єднана з проміжним валом. В іншому кінці проміжного вала знаходиться циліндричне зубчасте колесо з валиком, від якого обертається стаціонарно підкріплений до плеча зубчастий вінець.

Третя ступінь рухливості – лікоть. Двигун розміщений поруч із двигуном другого ступеня рухливості між плечем і ліктем. Передача двоступенева. Вал серводвигуна з'єднаний через пружну муфту з ведучим валом, що обертає кінчне зубчасте колесо з валиком, яке за допомогою провідної шестерні обертає проміжний вал. В іншому кінці проміжного вала встановлено циліндричне зубчасте колесо, що обертає прикріплений до передпліччя зубчастий вінець і таким чином обертає все передпліччя навколо ліктя.

Четверта ступінь рухливості – обертання кисті. Двигун розміщений в передпліччі біля ліктя. Передача від двигуна на зубчасті колеса кисті здійснюється через пружну муфту та проміжні вали. Проміжний вал передає обертання на дві пари циліндричних коліс із прямим зубом. Далі обертання подається на зубчастий вінець, що обертає кисть.

П'ята та шоста ступені рухливості – хитання кисті у двох площинах.

Для забезпечення легкості програмування маніпулятор має дві системи координат, відносно яких він рухається: основну й систему координат інструмента.

Робоча зона маніпулятора (рис. 4) сферична з радіусом 1 м. Максимальний радіус доступний за умови утворення розгорнутого кута між плечем та ліктем.

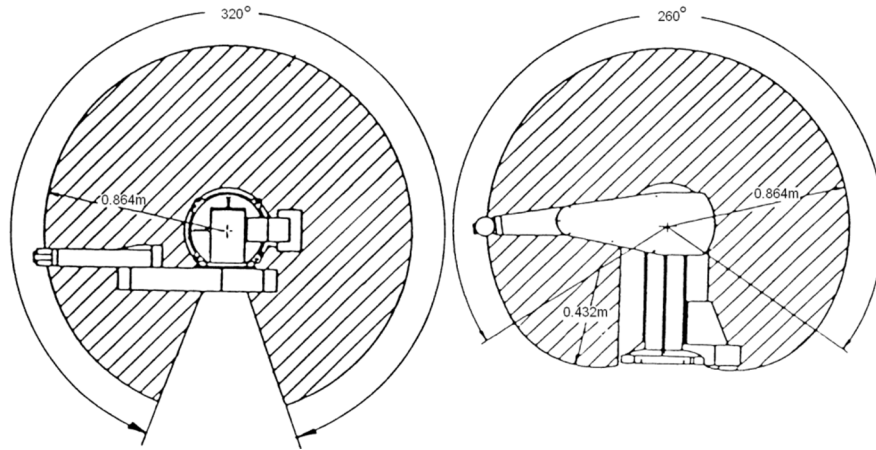


Рисунок 4 – Робоча зона маніпулятора РМ–01

У ході аналізу відомих систем керування роботами-маніпуляторами були сформульовані первинні вимоги з урахуванням навчально-дослідницького призначення об'єкту:

- дворівнева система керування, в якій функції формування завдань на переміщення, взаємодія з користувачем та безпосереднє керування ДПС–НЗ, читання сигналів сенсорів розділені між верхнім та нижнім рівнями, відповідно;
- наявність слідкуючого приводу за швидкістю й положенням для кожної ланки;
- можливість незалежного управління кожною ланкою;
- кількість ланок, що одночасно рухаються, не менше трьох;
- точність позиціонування краю кожної ланки до 0,1 мм;
- автоматичне відключення гальма перед початком руху ланки й включення гальма після завершення руху;
- захист електроприводу при перевантаженні струмом;
- індивідуальне управління приводом кожної ланки через загальний мережевий канал зв'язку;
- передача інформації із сенсорів положення на керуючий ПК, протоколювання всіх сигналів на жорсткому диску.

Загальна структура дворівневої системи описана в [3].

При проектуванні системи керування був використаний принцип розширюваності, який дозволив виділити подібні функції та реалізувати їх виконання на однотипних модулях.

Функції нижнього рівня керування шістьма сервоприводами було розділено між двома пристроями, кожен з яких здатен керувати рухом за трьома ступенями свободи. Структурна схема одного пристрою (рис. 5) включає до складу три мікроконтролера, що розташовані на одній платі, схеми гальванічної розв'язки й перетворення вхідних і вихідних сигналів.

Кожен контролер керує вихідною напругою силового широтно-імпульсного перетворювача за допомогою мікросхеми цифро-аналогового перетворювача MCP4921, з яким з'єднаний за інтерфейсом SPI. Мікросхема ADM485 виконує функцію високошвидкісного двонаправленого прийомо-передавача, що перетворює електричні рівні сигналів зі стандарту RS-485 до TTL. Мікроконтролери управління сервоприводами і ADM485 пов'язані в єдину мережу засобами EUSART. Зв'язок з керуючим ПК також здійснюється за допомогою пристрою AC4, який перетворює сигнали зі стандарту RS-485 до стандарту USB.

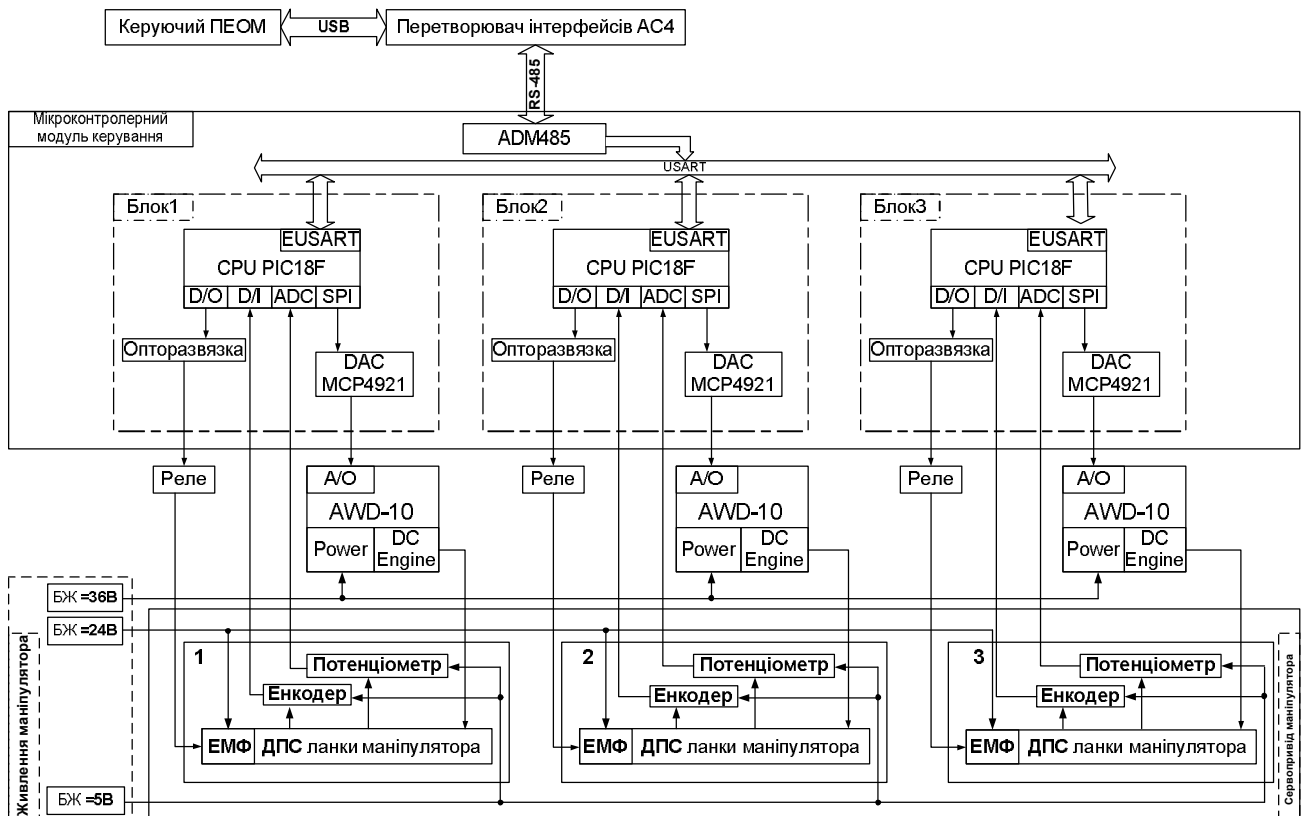


Рисунок 5 – Структурна схема системи управління нижнього рівня

Однією з основних функцій мікроконтролерного пристрою – перетворення сигналів імпульсних енкодерів у паралельний код за допомогою вбудованих модулів захоплення/порівняння/ШІМ, чим забезпечується основний зворотній зв'язок у системі регулювання положення з точністю до 0,1 мм. Для визначення первинного абсолютного положення використовуються сигнали потенціометрів, що перетворюються вбудованими АЦП.

Програмне забезпечення дозволяє здійснювати функції ПД-регулятора положення. Завдяки цьому він може працювати в декількох режимах: завдання руху, завдання щільності для широтно-імпульсного модулятора (ШІМ), режим відстеження заданої швидкості й режим відпрацювання заданого положення. При роботі модуля управління в режимі контуру положення, мікроконтролеру приводу з ПК необхідно передати два значення, а саме: значення заданого положення ступеня свободи маніпулятора й значення швидкості, з якою привід повинен вивести маніпулятор у задане положення.

Після запуску програми на ПК починається обчислення передбаченої програмою траєкторії маніпулятора. Значення, обчислені на основі поточного становища маніпулятора, передаються в мікроконтролери керування приводом. Нові значення обчислюються десятки разів у секунду. Таким чином, принцип управління рухом маніпулятора полягає в тому, що під час руху маніпулятора від однієї запрограмованої точки в іншу йому дають кілька "проміжних цілей". Такий спосіб управління потрібен, наприклад, для виконання прямолінійних рухів. Розрахунок нових керуючих впливів у кожному мікроконтролері керування приводом відбувається набагато швидше, ніж у ПК, приблизно 100 разів у секунду.

Після кожного включення робота обчислюється точне положення кожної ланки маніпулятора. Для цього передбачена спеціальна операція, названа калібруванням. Для запуску калібрування досить задати відповідну команду, після чого калібрування

проводиться автоматично. Під час калібрування кожна ланка маніпулятора повільно переміщається на кілька градусів. При калібруванні використовуються потенціометри, встановлені на двигунах маніпулятора. Мікроконтролер відраховує за допомогою потенціометрів приблизне положення ланок. Точне положення ланок визначається потім за допомогою імпульсних датчиків шляхом невеликого переміщення ланок. Оскільки рухи маніпулятора при калібруванні незначні, його можна проводити навіть у тісних умовах.

У процес управління маніпулятором оператор може записати нову програму одночасно з виконанням іншої. Мікроконтролер привода здійснює постійний контроль на основі сигналів зворотнього зв'язку з двигуном маніпулятора та сигналу перевантаження підсилювача потужності. У разі появи збою або відмови він вимикає живлення маніпулятора (маніпулятор зупиняється) і видає на дисплей ПК відповідне повідомлення оператору.

Мікроконтролерний модуль СК (рис. 6) складається з трьох мікроконтролерів АЦП і оптророзв'язки, складених за схемою Дарлінгтона.

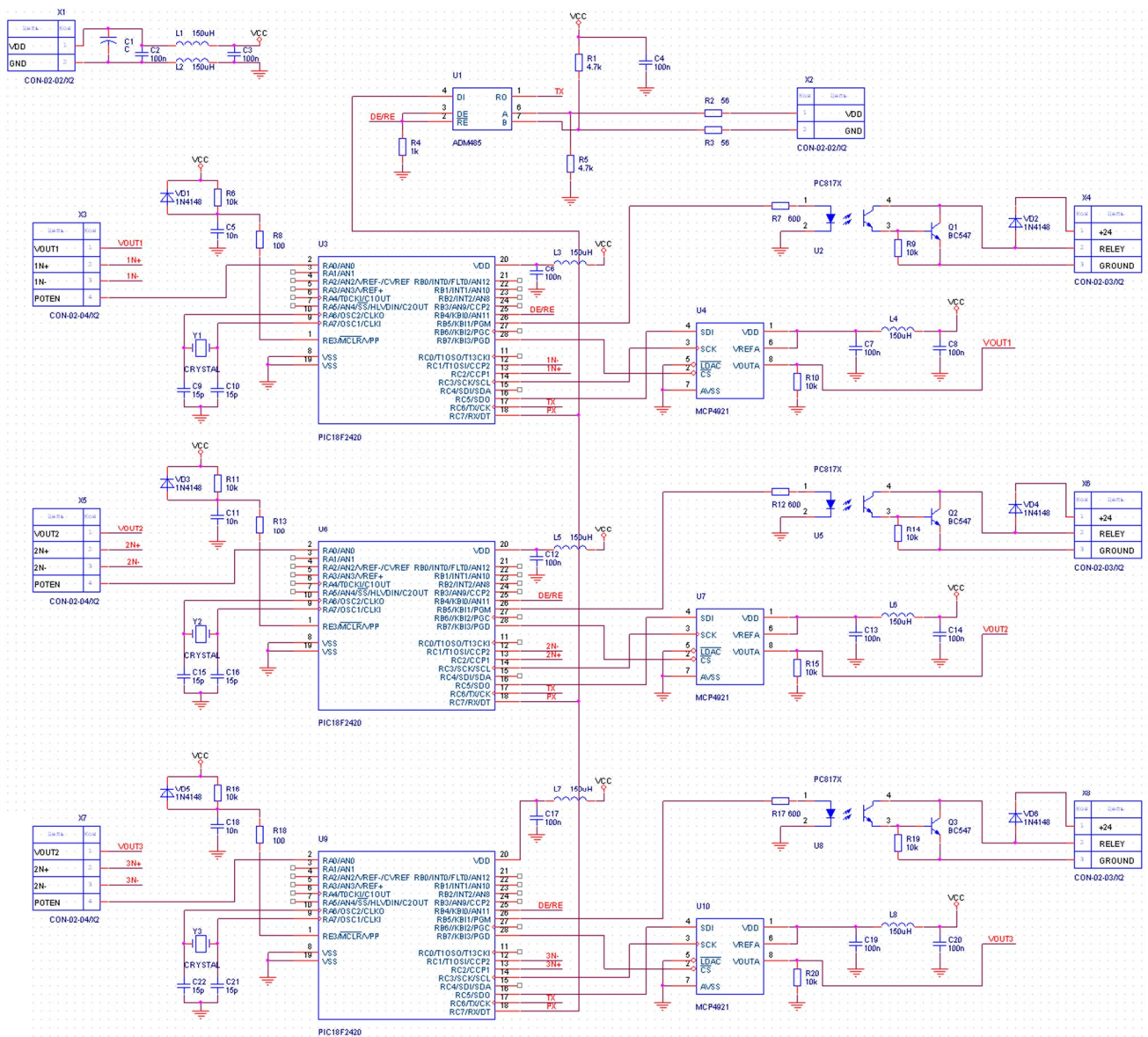


Рисунок 6 – Електрична схема мікроконтролерного пристрою

Живлення відбувається від зовнішнього джерела постійного струму. Для запобігання потрапляння шумів по лініях живлення був використаний П-фільтр. На кожен контролер заводяться сигнали від потенціометрів, енкодерів. Зв'язок СК із зовнішніми пристроями відбувається через перетворювач інтерфейсів ADM485. Завдання щільності для силового перетворювача відбувається через АЦП MCP4921.

Конструкція робота-маніпулятора передбачає наявність електромеханічного гальма за кожним ступенем свободи, яке відключається електричним сигналом напруги 24 В при струмі споживання 0,15 А. Сигнал відключення повинен подаватися весь час, поки є живляча напруга на двигуні. Сигнал відключення гальма формується мікроконтролером за наявності відпрацювання потрібного кута на лінії RB5, до якої підключена оптопара, чим забезпечується процес розблокування відповідної ланки.

Друкована плата пристрою (рис. 7) розроблювалася в односторонньому виконанні з перемичками зі сторони компонентів. Компоненти згруповані за функціональним призначенням, розділені сигнальні та силові лінії. Трасування критичних вузлів відбувалось з урахуванням вимог захисту від електромагнітних перешкод, також суцільна заливка землею виконує функцію екранування.

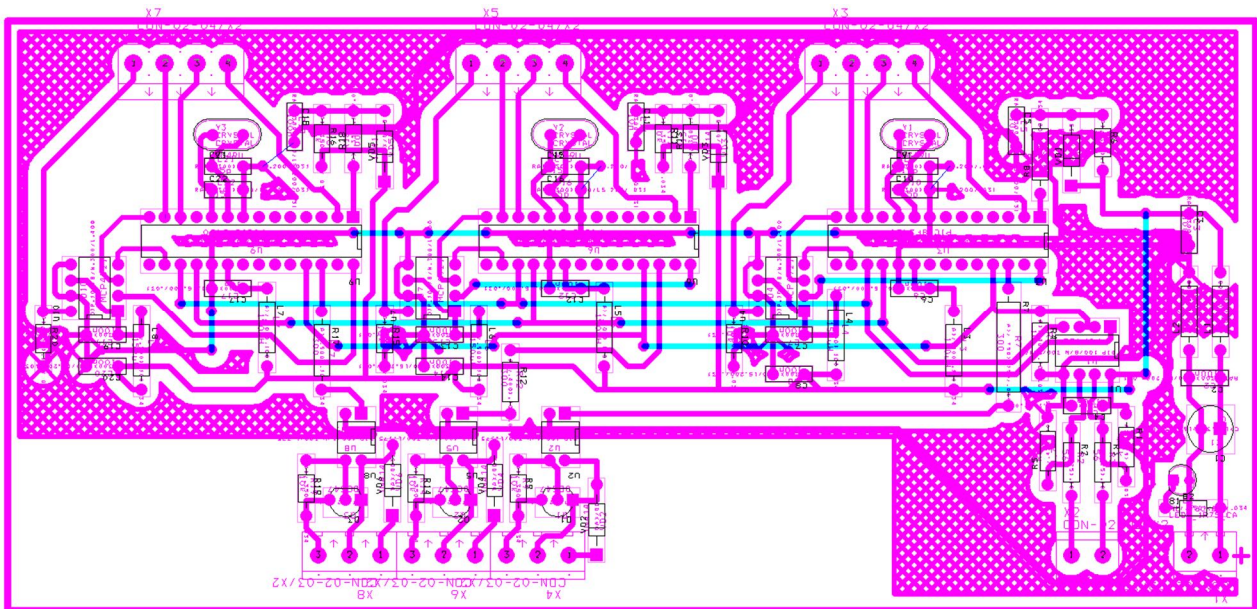


Рисунок 7 – Друкована плата

Джерела живлення видають необхідні для роботи СК значення напруги постійного струму – +40, +24, +5 В. Робоча напруга сервоприводів становить +40 і +24 В, відповідно, для ДПС–НЗ і ЕМГ. Кожен із двигунів перших трьох ланок розвиває потужність близько 160 Вт, а останні двигуни – близько 80 Вт. Робоча напруга потенціометрів і енкодерів становить +5 В. Кількість імпульсів на один оберт енкодера дорівнює 250 для всіх суглобів, крім другого, для якого вона становить 200.

Як силові перетворювачі (СП) системи управління сервоприводами робота використовується блок керування колекторними двигунами постійного струму AWD10–36 російської фірми ЗАТ «Лабораторія Електроніки» [4]. Зовнішній вигляд AWD10–36 наведено на рис. 8.

Блок AWD–10 має захист від електромагнітних перешкод, коротких замикань, перенавантаження, переполюсування.



З блоком управління двигуном поставляється спеціальне програмне забезпечення для ПК, що дозволяє запрограмувати й перевірити працездатність блоку у всіх режимах.

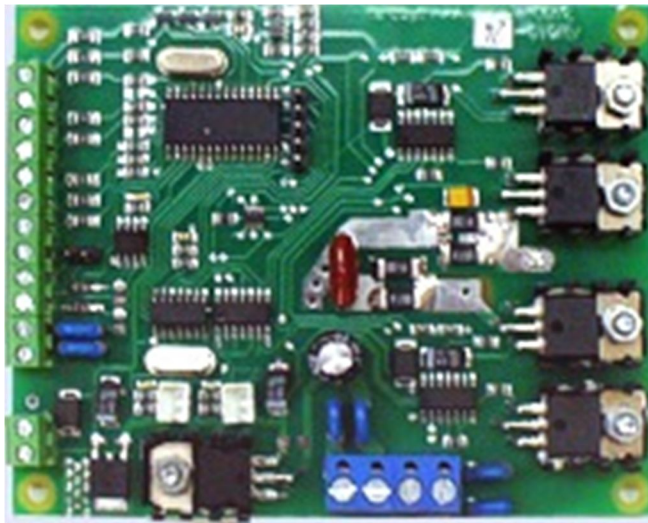


Рисунок 8 – Зовнішній вигляд блоку управління колекторними двигунами постійного струму AWD10–36

Алгоритм роботи представлений у вигляді UML діаграми (рис. 9).

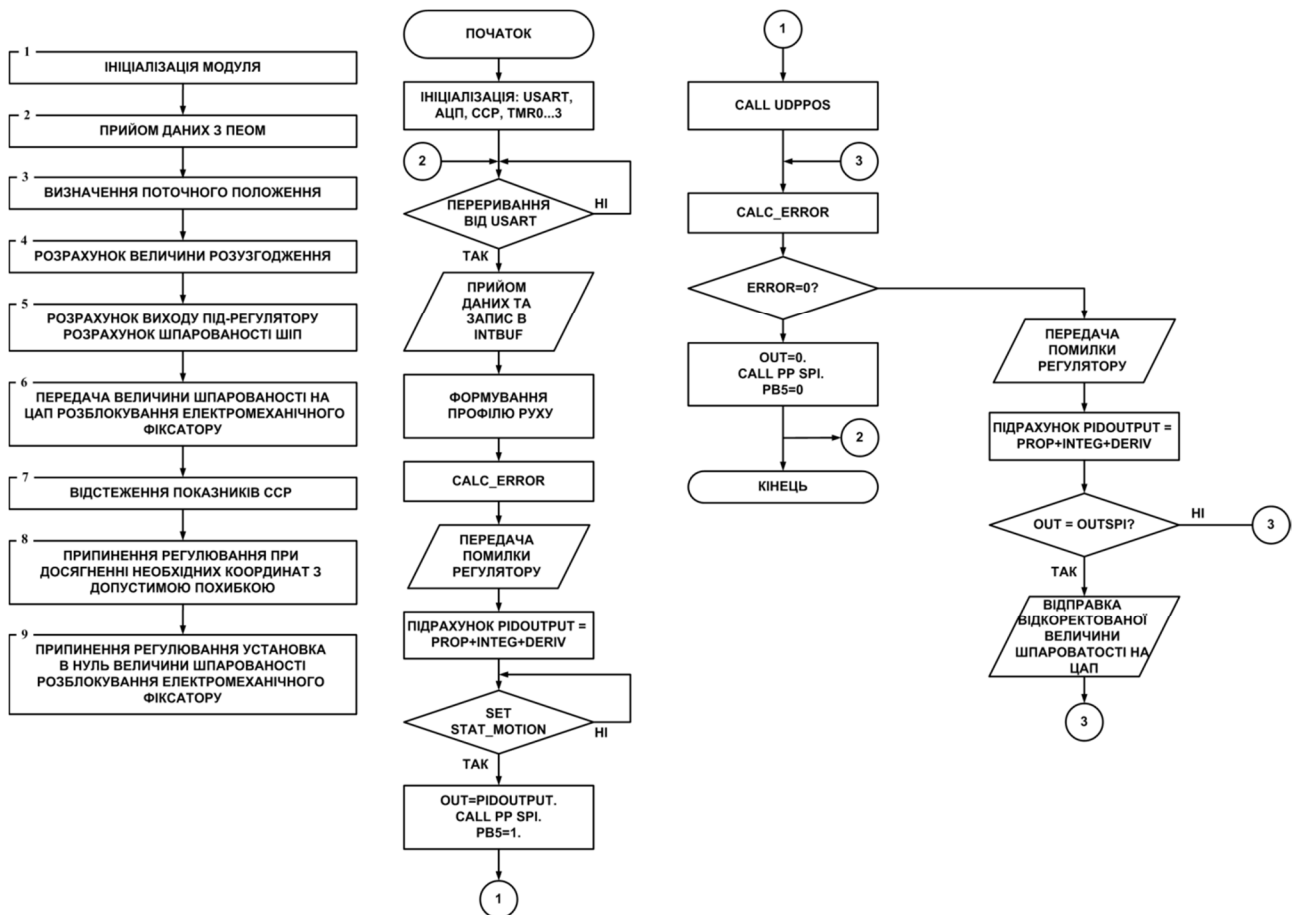


Рисунок 9 – Загальний алгоритм роботи пристрою

Всі процеси, такі як прийом і передача даних по UART, обробка даних з аналогових датчиків, захоплення даних з імпульсних енкодерів, обчислення керуючого впливу, видача сигналу завдання шпаруватості – все це побудовано на основі обробки переривань.

При подачі живлення відбувається ініціалізація модуля. Встановлюються абсолютні значення аналогових датчиків і передаються на керуючий ПК. Дані з кутами положення робота в просторі аналізуються, розраховується траєкторія руху й необхідне значення шпаруватості, яке передається на мікросхему MCP4921 і в аналоговій формі надходить до модулю ШІМ. У цей момент відбувається відключення гальм. Контролери кожного ступеня свободи контролюють переміщення своєї ланки й доводять її до заданого положення. Стеження за переміщенням маніпулятора виконується за показаннями, які надходять з енкодерів. При досягненні заданої величини контролер подає сигнал включення гальма й встановлює нульове значення щільності на своєму сервоприводі. На ПК відправляється повідомлення про досягнення заданого положення робота-маніпулятора в просторі й дані з датчиків для подальшого аналізу.

Для первинного вибору структури й коефіцієнтів регулятора виникла необхідність у створенні імітаційної моделі сервоприводу постійного струму. Оскільки характеристики двигунів є невідомими, було проведено ідентифікацію моделі двигуна за перехідними характеристиками.

Таблиця 1 – Характеристики імітаційної моделі ДПС–НЗ

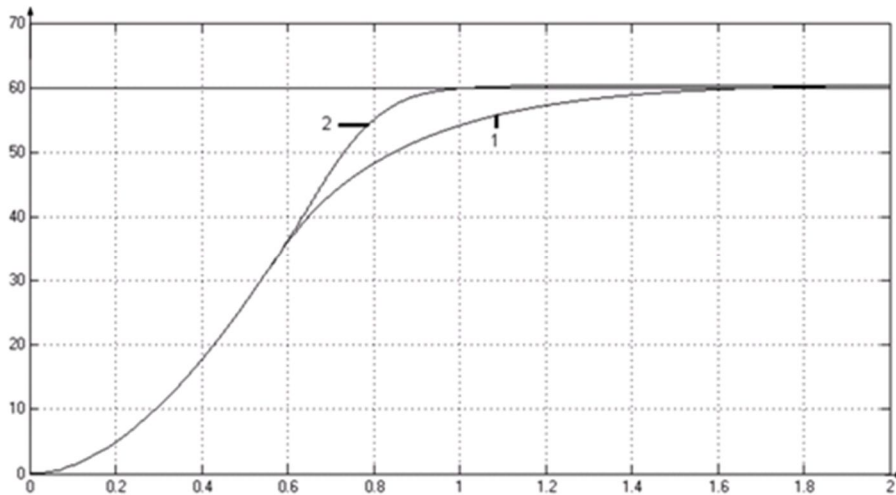
Активний опір обмотки ротора, Ом	3,5
Індуктивність ротора, Гн	0,0015
Приведений опір обмоток збудження, Ом	220
Приведений індуктивність обмоток збудження, Гн	12
Взаємодукція, Гн	0,074
Приведений момент інерції, кг·м <sup>2</sup>	0,0001

На платформі обраних мікроконтролерів було реалізовано алгоритм обчислення керуючих впливів, який базується на відомому алгоритмі ПІД-регулятора [5]. З метою покращення точності та швидкості перехідних процесів алгоритм було модифіковано шляхом додавання логічних умов, за якими відбувається зміна значень коефіцієнтів ПІД-регулятора. Основна ідея полягає в тому, що коефіцієнт диференційної ланки змінюється на 40 % у бік збільшення при значенні розузгодження менше 5 % порогу. Коефіцієнт інтегральної складової збільшується в п'ять разів при значенні розузгодження менше 10 % порогу.

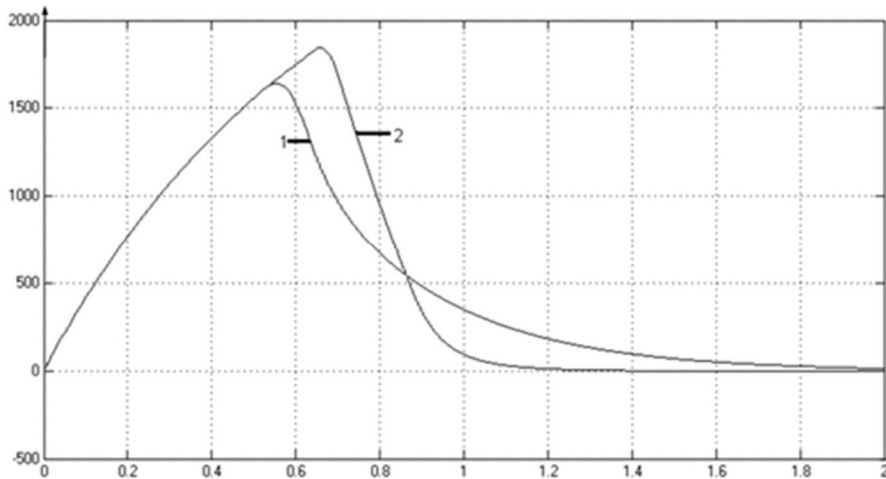
З урахуванням того факту, що керування положенням відбувається шляхом впливу на величину і знак швидкості, то відносно положення сам механізм ПР має значну інтегральну складову, в регуляторі абсолютне значення цього коефіцієнту вибрано незначним. Диференціальна складова вводилася для запобігання коливальності процесів.

Порівняльні експериментальні дані можна побачити на рис. 10 та в табл. 2. Як видно з рис. 10, наявність адаптивного регулятора значно впливає на перехідний процес у позитивну сторону, зокрема як на зменшення статичної похибки, так і на швидкість виходу в задане положення, відсутність перерегулювання. Перехідний процес характеризується стійкістю та стрімким наближенням керованої величини до заданого значення.

На валу двигуна швидкість збільшується на 500 об/хв та збільшується інтенсивність гальмування з наближенням ланки до заданого положення. Наявність інтегруючої складової сповільнює цей процес, дозволяючи довести ланку до потрібної координати.



а) кутові переміщення, град



б) кутова швидкість двигуна, об/хв.

Рисунок 10 – Перехідні процеси переміщення ланки маніпулятора:

1 – регулятор з постійними коефіцієнтами; 2 – регулятор з адаптивними коефіцієнтами

Таблиця 2 – Характеристики процесів регулювання з постійними та адаптивними коефіцієнтами регулятора

Показники процесів регулювання	Постійні коефіцієнти	Адаптивні коефіцієнти	Різниця
Час встановлення, с	1,7147	1,029	-66,6 %
Статична похибка, у.о.	0,4849	0,35	-38,5 %
Інтегральний показник точності, у.о.	1480	1443	-2,56 %
Споживана енергія, Вт	262,5	389,8	+49,5 %
Пікова потужність, Вт/с	579,5	645,82	+11,4 %

**ВИСНОВКИ.** Зниження вартості системи керування без зменшення функціональних можливостей досягається шляхом об'єднання окремих універсальних мікроконтролерних модулів у мережу за допомогою інтерфейсів EUSART або SPI, які апаратно підтримуються та є в наявності у мікросхемах різних виробників.

Доцільно використовувати універсальні мікроконтролери, які характеризуються низькою вартістю, розвинутою периферією, простою системою команд, одночасно мають обчислювальну потужність не менш 16 мільйонів елементарних операцій у секунду та підтримку кінцевих користувачів від виробника. Таким вимогам відповідають, зокрема, мікроконтролерні модулі сімейства Microchip PIC18FXXX.

Завдяки індивідуальним для кожного сервоприводу мікроконтролерним модулям досягається безперервність виконання складових операцій процесу керування, в тому числі перетворення імпульсних сигналів сенсорів положення (інкрементальних енкодерів) до паралельного коду. У комплексі забезпечується точність позиціонування до 0,1 мм.

Створений алгоритм роботи реалізує ПД-регулювання з нелінійними коефіцієнтами, програмне інтерпретування команд верхнього рівня й формування потрібних профілів руху.

Розроблене програмне забезпечення дозволяє дослідити процеси автоматичного керування швидкістю та положенням системи СП–ДПС–НЗ на реальному обладнанні за допомогою прикладних програмних засобів на ПЕОМ і перетворювача інтерфейсів АС4. Реалізована можливість досліджувати роботу класичних та адаптивних регуляторів, навантаження привода постійного струму, процеси стабілізації швидкості приводу, енергетичні процеси, проводити оптимізацію керуючих алгоритмів. Розрахункові показники швидкодії задовольняють вимогам керування в реальному часі всіма ланками робота РМ–01.

Визначено налаштування регуляторів положення й розглянуто можливість введення в керуючий алгоритм зміни коефіцієнтів регулятора в реальному часі, що дозволяє підняти якість керування до 2,5–5 % порівняно з лінійним регулятором за критеріями точності, точності та швидкодії.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Репецкий В.А. Нечеткая следящая система управления роботом-манипулятором с функцией решения обратной кинематической задачи // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збір. наук. праць XI Міжнародної науково-технічної конф. молодих учених і спеціалістів, 9–11 квітня 2013 р. – Кременчук: КрНУ, 2013. – С. 249–250.
2. Omatu S., Khalid M., Yusof R. Neuro-Control and its application. Corrected edition, Springer: 1996. – 255 p. – ISBN: 3540199659.
3. Юревич Е.И. Основы робототехники. – СПб.: БХВ–Петербург, 2005. – 415 с.
4. Промышленный робот РМ–01. Руководство по аппаратной части.
5. Блок управления коллекторным двигателем постоянного тока AWD10. Руководство по эксплуатации. – М.: ЗАО «Лаборатория Электроники», 2011. – 45 с.
6. Armstrong B., Khatib O., Burdick J. The Explicit Dynamic Model and Inertial Parameters of the PUMA 560 Arm // Proceedings. 1986 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1986.

#### **MULTIUNIT CONTROLLER DEVICE FOR ROBOTIC ARM WITH DIRECT CURRENT ELECTRIC SERVO MOTORS AND INCREMENTAL ENCODERS**

**I. Konokh, M. Bazyshyn**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: [kis\\_saue@mail.ru](mailto:kis_saue@mail.ru)

The work refers to the positional control systems of industrial robots and can be used for upgrading or creating an adaptive control system of a robot manipulator PUMA–560 with improved transients and high accuracy positioning in conjunction with power modules AWD–10–36 and industrial computers.

The device reads the signals of current sensors and position sensors, the calculation of control actions and the formation voltage for links robot manipulator drive. Improved accuracy in dynamic mode is achieved by modifying the coefficients of the PID-controller position when moving from one to another part of the trajectory.

The device performs the surveillance system as a whole, manages and controls the movement of a robotic manipulator, provides independent control of speed and position of each drive separately, forms control impact power converters with the limitations of the manipulator position in space, providing two-way communication with industrial PC.

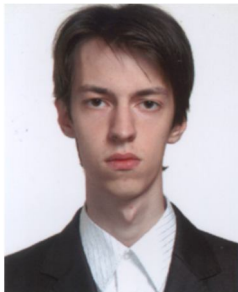
**Key words:** robot-manipulator, control provisions.

#### REFERENCES

1. Repetsky V.A. Fuzzy tracking control system of a robotic arm with the function of the inverse kinematic problem // *Electromechanical and Power Systems, methods of modeling and optimization. Collection of Science works XI International scientific and technical conference of Young Scientists and Specialists*, 9–11 April 2013. – Kremenchuk: KrNU, 2013. – PP. 249–250. [in Russian]
2. Omatu S., Khalid M., Yusof R. Neuro-Control and its application. Corrected edition, Springer: 1996. – 255 p. – ISBN: 3540199659.
3. Jurevich E.I. *Fundamentals of Robotics*. – St. Petersburg: BHV–Petersburg, 2005. – 415 p. [in Russian]
4. *Industrial robot RM–01*. Hardware Guide. [in Russian]
5. *The control unit is a DC motor commutator AWD10*. Instruction manual. – Moscow: ZAO «Laboratoriya Elektroniki», 2011. – 45 p. [in Russian]
6. Armstrong B., Khatib O., Burdick J. The Explicit Dynamic Model and Inertial Parameters of the PUMA 560 Arm // *Proceedings. 1986 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1986.



Конох Ігор Сергійович,  
к. техн. н.,  
старший викладач кафедри «Системи автоматичного управління та електропривод» КрНУ,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.  
E-mail: [kis\\_saue@mail.ru](mailto:kis_saue@mail.ru)



Базишин Михайло Юрійович,  
магістрант кафедри «Системи автоматичного управління та електропривод» КрНУ,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.  
E-mail: [bazyshyn.m.y@gmail.com](mailto:bazyshyn.m.y@gmail.com)

Стаття надійшла 30.05.2013  
Рекомендовано до друку:  
к.техн.н., доц. Перекрест А.Л.