

НАВІГАЦІЯ

УДК 681.518.2

О.В. Шульга, Д.М. Нелюба, В.О. Сокіріна

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСКРЕТНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА
З МІКРОПРОЦЕСОРНИМ КЕРУВАННЯМ ДЛЯ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ
ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Системи навігації та управління рухом працюють як у неперервному так і у дискретному (цикловому) режимах. У роботі розглянуті теоретичні положення та проведений аналіз дискретних систем автоматичного керування об'єктами. Визначені математичні вирази для розрахунку уставок часових затримок між кроками крокового двигуна, які необхідні для програмування мікропроцесорного пристрою, що забезпечує необхідну швидкість руху об'єкта за заданою траєкторією. Для побудови систем навігації та управління рухом транспортних засобів, що працюють у дискретному режимі пропонується використовувати уніфіковані мікропроцесорні пристрої керування.

Ключові слова: кроковий двигун, дискрета, ЦАП, АЦП, інтерпретатор, такт, нечутливість, релейний елемент, модель, електропривод, зворотний зв'язок, регулятор, коефіцієнт передачі.

Вступ

В зв'язку з широким використанням систем навігації та управління рухом, що працюють у дискретному режимі, де вимагається контролювати орієнтацію та швидкість об'єктів у просторі та керування їх рухом за заданою траєкторією циклічно за заданим законом, велика увага приділяється аналізу і синтезу дискретних систем. У відповідності з вимогами до систем навігації та управління рухом, вони будуються на основі аналогових та цифрових пристроїв. Об'єктом керування у цих системах являються, в основному, крокові двигуни, які за рахунок конструктивного виконання при більш простих схематичних рішеннях дозволяють отримати високі точності та якісні показники при регулюванні вихідних сигналів у широкому діапазоні [1 – 5].

У роботі розглянуті питання моделювання дискретних САК, розрахунку необхідних параметрів та методика дослідження за допомогою експериментальної установки на мікропроцесорному комплексі.

Мета статті. Розглянути теоретичні положення і принципи побудови дискретних систем керування та дослідити способи керування кроковим двигуном за допомогою мікропроцесорної техніки.

Основні теоретичні відомості

Циклові (або дискретні) системи програмного керування (ЦСПК) забезпечують роботу одного або декількох об'єктів керування, в яких виконавчі органи робочого механізму (ВОРМ) виконують різні рухи з повторними однаковими циклами. Послідовність цих рухів задається керуючою програмою. Керуючі програми у системах ЦСПК виконуються у вигляді жорсткої незмінної та змінної програм.

Жорстка незмінна керуюча програма задається у вигляді визначеної схеми електроавтоматики, вмикання та вимикання керуючих елементів якої виконується у часі або за технічною готовністю ВОРМ. Керування у часі використовується у робочих машинах, призначених для реалізації технологічного процесу по ділянках, який проходить за визначений час. Така керуюча програма забезпечується за допомогою реле часу. Керування з контролем технологічної готовності на кожній ділянці циклу використовується в робочих машинах із переміщенням ВО, або пристроїв зажимів і т.п. (контроль положення), або при досягненні заданого рівня того чи іншого технологічного параметра (контроль розмірів та кількості деталей при затисканні або розтисканні виробів і т.п.). Технологічна готовність контролюється різними датчиками, наприклад положення, тиску, рахунку та ін. Змінні жорсткі керуючі програми в циклових СПК будуються за схемою матриці із завданням програми у вигляді наборів перемикачів, штепсельних комутаторів, командоапаратів із переставними кулачками та за допомогою програмованих контролерів, які являють собою ЕОМ, реалізують логічні функції релейних схем.

Керуючі програми в складних СПК задаються також у цифровому вигляді (ЧПК) та пам'яті ЕОМ. Однак такі програми утримують тільки інформацію про цикл та технологічні режими, а переміщення задається установкою упорів, які впливають на шляхові переключення. У циклових СПК використовуються ЕП постійного, а частіше змінного струму.

Головна особливість систем автоматичного керування дискретними приводами – їх автономна робота без безпосередньої участі людини. Функція оператора складається лише у навчання, запуску і подальшим періодичним наглядом за роботою обладнання.

Особливості систем автоматичного керування. Порівняння різних систем автоматичного керування САК можна провести за наступними характеристиками: тип траєкторії руху ВОРМ; цикл керування; джерела інформації для синтезу закону керування; алгоритм керування; спосіб програмування СК.

Тип траєкторії руху робота. Циклові СК забезпечують лише дискретну траєкторію руху. Кожна її дискретна точка відповідає одній комбінації із загального числа сполучень крайніх ланок ВОРМ. Позиціонування в крайньому положенні реалізується звичайно механічним упором. Головний недолік дискретності траєкторії – неповна доступність точок робочої зони робота. Основний принцип циклового керування ПР, що полягає у здійсненні позиціонування маніпулятора за упорами, визначає ряд характерних особливостей ЦСК:

- програмування логічної і технологічної інформації дискретного виду, що визначає послідовність рухів ланок ВОРМ, тривалість позиціонування і т.д.;
- виділення інформації про переміщення по окремим ступеням рухомості, що задається за допомогою регульованих упорів або датчиків положення;
- порівняння заданого і фактичного положень ланок ВОРМ у природному коді;
- керування по розімкненому циклу.

У загальному випадку склад пристрою циклового програмного керування включає в себе керувально-обчислювальний модуль, програмоносій, блоки спряження з технологічним обладнанням, панель керування і пульт ручного керування навчанням.

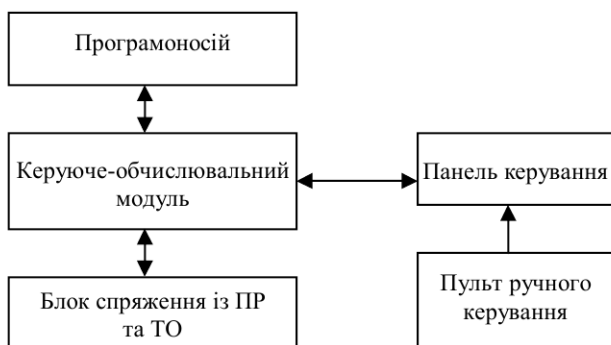


Рис. 1. Загальна структура системи циклового керування

Основою системи є керувально-обчислювальний модуль, функція якого полягає у формуванні мікрооперацій (керуючих імпульсів), відповідних необхідному алгоритму, для видачі їх в операційні вузли та інші функціональні блоки. В електронних пристроях циклового програмного керування як керувально-обчислювальний модуль застосовують мікропрограмні автомати різного типу. Організація керувально-обчислювальних модулів мікропроцесорних систем циклового керування реалізується на базі мікропроцесорних наборів і мікроЕОМ різних кон-

фігурацій. Для запам'ятовування і зберігання інформації про послідовність виконання команд у системах циклового керування як програмно-задавальні модулі можуть бути використані:

- а) електромеханічні інформаційні носії – штекерні і комутаційні поля, програмні барабани, діодні програмовані матриці, роз'єми, перфокарти і т.п.
- б) електронні, побудовані на основі напівпровідникових запам'ятовувальних пристроїв з електричним перезаписом інформації.

Блок спряження з роботом і технологічним обладнанням виконує функції формування команд керування приводами, опитування стану датчиків, що виробляють сигнали підтвердження відпрацювання, обміну інформацією з технологічним обладнанням.

Панель керування призначена для задавання режимів роботи, пуску і зупину програми, індикації ходу відпрацювання програми, стану і правильності функціонування вузлів, сигнали ручного переміщення ланок формуються за допомогою пульта ручного керування.

Програмування керуючої інформації проводиться по кадрам, склад і число яких визначається командами, що видаються на приводи робота і ТО. При автоматичному відтворенні програми інформація про почерговість виконання окремих операцій зчитується по кадрам із програмоносія в керувально-обчислювальний модуль, котрий формує команди керування в блок спряження з роботом і ТО.

Уніфіковані циклові системи (УЦС). Вони призначені для керування об'єктами з проміжним позиціонуванням окремих ланок ВОРМ по висувним упорам і різного роду технологічним обладнанням із складною логікою керування.

- УЦС характеризуються такими особливостями:
- здійснюють керування висувними опорами;
 - реалізуються алгоритми гальмування ланок робота при наблизенні до упора;
 - використовуються збільшена кількість команд;
 - формуються технологічні програми із змінною послідовністю кадрів;
 - застосовується розвинута система аварійних блокувань.

Типовим прикладом систем такого типу є уніфікований пристрій циклового керування УЦМ-663, структурна схема якого зображена на рис. 2.

Склад пристрою і принцип дії. У якості програмоносія в системі використовується "енергонезалежний" оперативний запам'ятовувальний пристрій на інтегральних мікросхемах, що дозволяє зберегти записану інформацію при відключенні джерела живлення. Керуюча інформація формується блоком центрального керування у відповідності до програми, що записана в ОЗП.

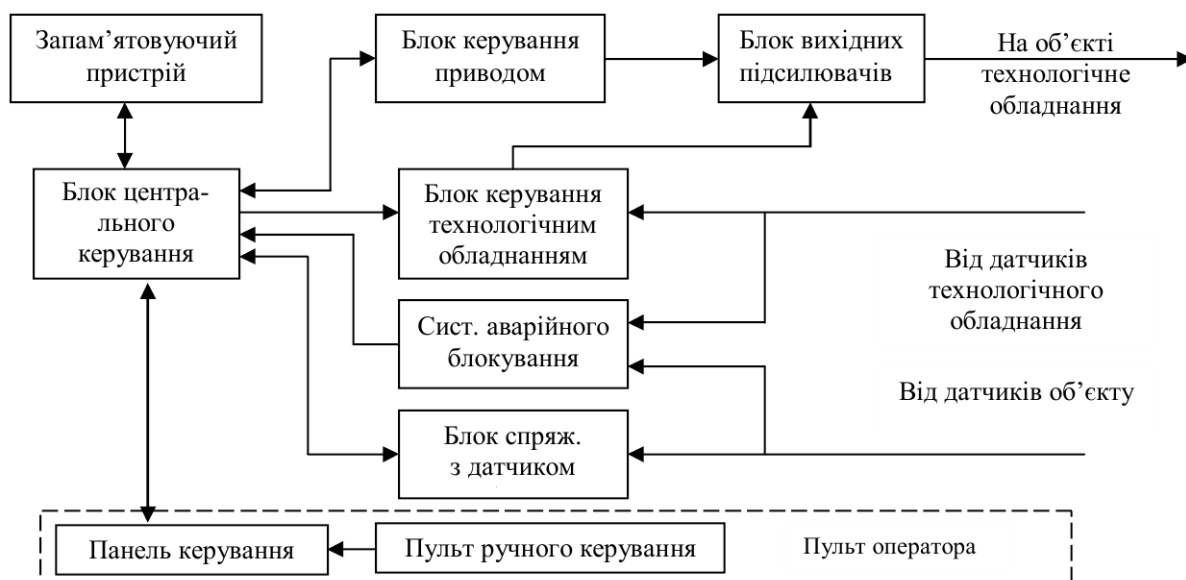


Рис. 2. Структурна схема уніфікованого пристрою циклового керування УЦМ-663

Система видачі команд на об'єкт, що має в своєму складі програмовані діодні матриці, які реалізують різні алгоритми керування, забезпечує спраження пристрою з приводами циклових ВОРМ.

Сигнали керування, що виробляються блоками керування об'єктом і ТО, безпосередньо поступають на відповідні приводи через блок вихідних підсилювачів. Блок спраження з датчиками об'єкта і спеціальна схема в блоці керування ТО формує сигнал відпрацювання кадру.

Для попередження аварійних ситуацій у пристрої передбачена програмована за допомогою спеціальних діодних матриць система аварійного блокування, що видає на блок центрального керування сигнали дозволу команд.

Програмування пристрою здійснюється шляхом покомандного набору програми на пульті оператора. Змінний формат кадру, що включає одну або кілька виконуваних одиничних команд, є однією з характерних особливостей системи. Пристрій УЦМ-663 має досить розвинуту мову програмування (систему команд). Кожна з команд являє собою 8-розрядне слово, що складається із коду операції (старші розряди), не обов'язкової у загальному випадку інформаційної частини (молодші розряди) і контрольного розряду. Команди "Движение" призначені для ручного керування ланками ВОРМ. Устрій пульта оператора дозволяє закодувати код операції, номер керованої координати і напрямку її руху.

Експериментальні дослідження

Порядок проведення експериментальних досліджень. Робочі органи багатьох механізмів при виконанні ними технологічних операцій повинні переміщуватися дискретно, кроками. До таких механізмів відносять пристрої часу, механізми по-

дач різних верстатів і багато іншого. Для привода цих РОВМ доцільно використовувати двигуни, які за своєю конструкцією в змозі забезпечити подібне дискретне переміщення. Ці вимоги задовольняє кроковий двигун, ротор якого виконує дозовані переміщення визначеної величини з фіксацією положення ротора в кінці кожного кроку. Використання крокового електроприводу (ЕП) характерне ще й тим, що він добре узгоджується з різними цифровими ЕОМ (не потрібні ЦАП та АЦП). Тому майже в усіх системах числового програмного керування (ЧПК) 1-го покоління використовувалися крокові двигуни. Але системи з кроковими двигунами мають і досить великі недоліки. Один із найбільших – це відсутність зворотного зв'язку (33) за швидкістю й за положенням.

На рис. 3 наведена блок-схема експериментальної САК із кроковим двигуном.

Мікропроцесорний пристрій (МПУ) за введеною в нього програмою і заданим значенням змінних, що використовує програма, подає на комутатор крокового двигуна (ШД) сигнали по лінії керування і тактовій лінії. По лінії керування задається напрямки руху крокового двигуна (рівень логічного „0” відповідає напрямку руху „ВПЕРЕД”, а рівень логічної „1” – „НАЗАД”). По тактовій лінії подаються прямокутні імпульси, які відповідають крокам крокового двигуна (один імпульс відповідає 1-ому імпульсові). Комутатор (ШД), згідно з інформацією від (МПУ), подає імпульси на силові ключі Кл1, Кл2, Кл3, які вмикають відповідні обмотки крокового двигуна.

В даній системі використовується 3 – фазний двигун ШД4М-У3, із кутом повороту ротора $\Delta\varphi = 1,5^\circ$. У якості (МПУ) використовується універсальний мікропроцесорний комплект „УМК” на базі мікропроцесора КР580ВМ80А.

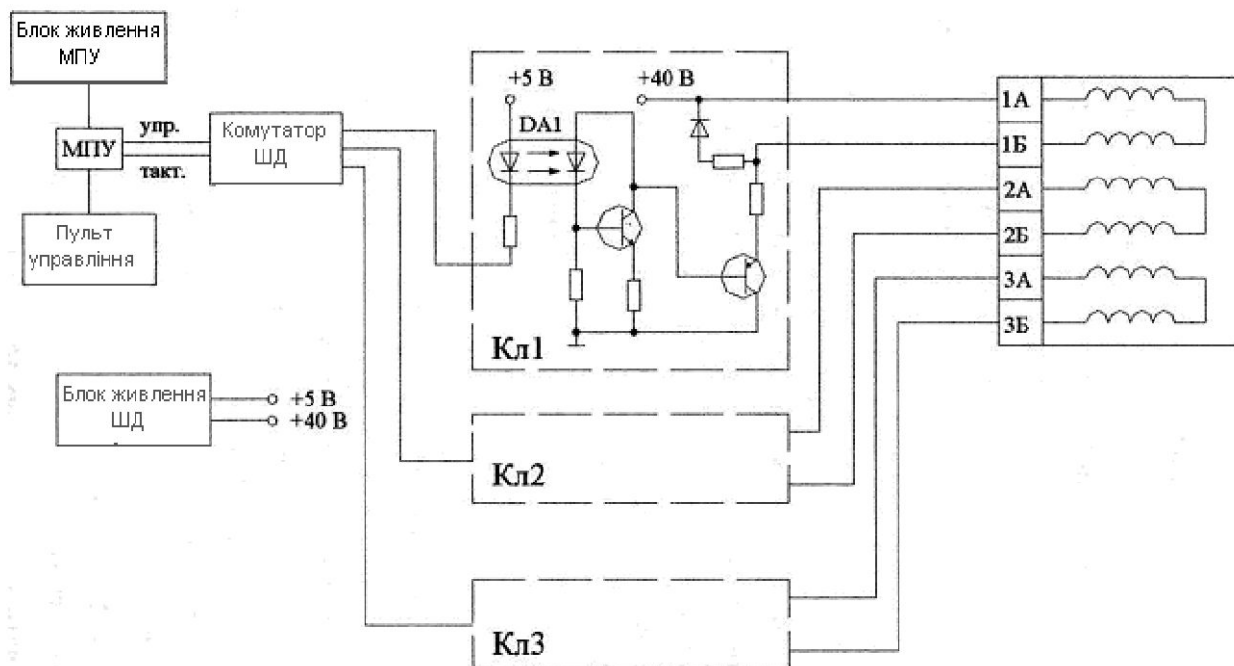


Рис. 3. Блок-схема системи автоматичного керування кроковим двигуном

У даній роботі переміщення крокового двигуна фіксується за допомогою лінійки і стрілки, яка ковзає поздовж вимірювальної шкали за допомогою пасової передачі.

Пас протягнутий між двох шківів, вісь одного з яких через понижуючий редуктор зв'язана з валом крокового двигуна. Таким чином, обертальний рух вала крокового двигуна перетворюється в поступальний рух стрілки. Це перетворення відбувається за формулою

$$L = r_{ш} \cdot n \cdot \Delta\phi \cdot Z_1 / Z_2; \quad (1)$$

де L – переміщення стрілки, м; $r_{ш} = 0,0135$ м – радіус привідного шківа; n – кількість кроків (задається оператором); $\Delta\phi = 1,5^\circ = 0,0261$ рад/крок – кут повороту крокового двигуна при обертанні на 1 крок; $Z_1 = 13$ – кількість зубів ведучої шестерні; $Z_2 = 63$ – кількість зубів веденої шестерні.

Призначення та функції програми керування. За програмою керування має керувати роботою крокового двигуна шляхом виконання команд, оформлених у вигляді програми користувача, яка знаходиться в оперативній пам'яті УМК. Керуюча програма являє собою інтерпретатор і забезпечує виконання 8 основних, 2 допоміжних та 2 налагоджувальних команд, а також обробку й індексацію помилок та аварійних ситуацій, які можуть виникнути в процесі виконання двигуном програми. Основні команди - це всі команди, що забезпечують обертання крокового двигуна, а також команди „ПАУЗА” та „КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ”. Допоміжні команди – це команди, які забезпечують роботу циклів (початок і закінчення циклу).

Коди команд і методика складання програми наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Коди команд

КОД	Призначення команди	Байт
00	"Немає операції" – не викликає дію	1
01	"Обертання" – команда, після якої задаються три параметра:	5
	- кількість кроків;	2
	- напрямок;	1
	- швидкість.	1
02	"Обертання" – перед цією командою задаються незалежно всі три параметра.	1
03	Параметр швидкості;	2
04	Кількість кроків;	3
05	Напрямок.	2
06	"Налагоджувальна команда" – обертання, поки не спрацює кінцевий вимикач; після неї задаються параметри: кінцевий вимикач; напрямок; швидкість.	4
07	Пауза, задається від 00 до FF, FF відповідає затримці близько 1 с.	2
08	Початок циклу, з кількістю проходів [01 до FF]	2
09	Кінець циклу	1
0A	"Обнуління" – установка стрілки в початкове положення	1
0B	"Обертання" – налагоджувальна – обертання в режимі АД [параметри не задаються]	1
0C	Кінець програми	1

Порядок виконання досліджень.

1. Вивчити блок-схему САК із кроковим двигуном (рис. 3.), ШДЧН-УЗ.

2. Ознайомитись із програмою і кодами для завдання та виконання заданого технологічного циклу.

3. Ввести програму в УМК із заданими значеннями змінних:

x – кількість кроків (розраховується за формулою (1) залежно від заданої довжини і перевести їх у шістнадцятиричний код;

n – кількість циклів;

t_1 – час паузи.

4. Запустити програму (обробки) відпрацювання заданого технологічного циклу.

Запуск програми для виконання. Після введення керуючої програми і перевірки її можна здійснити її запуск. Це проводиться так: уведіть із клавіатури УМК команду „СТ0400” і натисніть „ВП”, після чого програма піде на виконання. Можливі помилки під час виконання програми і їх індикація.

Як відомо, у кожній програмі можуть виникнути помилки. В даній системі може виникнути два випадки помилок: програмні (не відповідають коди програми) і наїзд на кінцевий вимикач. При виникненні помилки на індикаторі УМК видається адреса комірки, в якій допущена помилка. Для усунення помилки Ви натискаєте „СБ”+, „П”+ адреса комірки, в якій виникла помилка.

Наїзд на кінцевий вимикач може виникнути, коли сумарна кількість кроків більша, ніж максимально можлива, або у випадку, коли відстань пройдена стрілкою вперед і назад до початкового положення різна через неточне відпрацювання двигуном кроків $\Delta\varphi >$ або $< 1,5^\circ$. У цьому випадкові достатньо відвести стрілку від кінцевого вимикача і знову запустити програму.

Висновки

Проведені дослідження синтезованої системи автоматичного управління дискретним електроприводом дозволяють зробити такі висновки:

1. Використання крокових двигунів для дискретних електроприводів дозволяє отримати високу точність відпрацювання заданого закону керування рухом.

2. Конструктивні особливості крокових двигунів дають можливість застосування сучасних цифрових пристроїв для програмування пристроїв керування.

3. Проведені експериментальні дослідження показали, що основними параметрами для керування кроковими двигунами являються крок кутового переміщення ротора $\Delta\varphi$ та час затримки між кроками t .

4. Дискретні системи автоматичного керування можливо використовувати при управлінні рухом всіх видів транспортних засобів.

Список літератури

1. Галай М.В. Теорія автоматичного керування: неперервні та дискретні системи: Навчальний посібник / М.В. Галай. – Полтава: ПНТУ, 2002. – 342 с.
2. Шульга О.В. Автоматизоване керування електроприводами: Навчальний посібник / О.В. Шульга. – Полтава: ПНТУ, 2010. – 298с.
3. Терехов В.М. Дискретные и непрерывные системы управления в электроприводах / В.М. Терехов. – М.: МЭИ, 1989. – 77 с.
4. Применение микропроцессоров в автоматизированном электроприводе / Под ред. Л.А. Ильиенко. – М.: Издательство МЭИ, 1986. – 102 с.
5. Попович М.Г. Теорія електропривода / М.Г. Попович, М.Г. Борисюк, В.А. Гаврилюк. – К.: Вища шк., 1993. – 494 с.

Надійшла до редколегії 16.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСКРЕТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А.В. Шульга, Д.Н. Нелюба, В.А. Сокирина

Системы навигации и управления движением работают как в непрерывном так и в дискретном (циклическом) режимах. В работе рассмотрены теоретические положения и проведен анализ дискретных систем автоматического управления объектами. Определены математические выражения для расчета вставок временных задержек между шагами шагового двигателя, которые необходимы для программирования микропроцессорного устройства, обеспечивает необходимую скорость движения объекта по заданной траектории. Для построения систем навигации и управления движением транспортных средств, работающих в дискретном режиме, предлагается использовать унифицированные микропроцессорные устройства управления.

Ключевые слова: шаговый двигатель, дискрета, ЦАП, АЦП, интерпретатор, такт, нечувствительность, релейный элемент, модель, электропривод, обратная связь, регулятор, коэффициент передачи.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DISCRETE ELECTRIC DRIVE WITH MICROPROCESSOR CONTROL FOR NAVIGATION AND CONTROL OF VEHICLES MOVEMENT

O.V. Shulga, D.M. Neliuba, V.O. Sokirina

Navigation systems and traffic control work in both continuous and discrete (cyclic) modes. The paper discusses the theoretical principles and the analysis of discrete systems of automatic control of objects. Mathematical expressions for calculating the time delay between the inserts of stepper motor steps that are necessary for programming microprocessor, provides the necessary speed of the object along a predetermined path. For the construction of navigation and motion control of vehicles operating in the discrete mode is proposed to use standardized microprocessor control unit.

Keywords: stepper motor increment, DAC, ADC, interpreter, beat, numbness, relay element, model, power, feedback control, the transmission coefficient.