

Определяне качеството на регулиране при системи за автоматично управление – лабораторен стенд

Васил Димитров, Емилия Димитрова

Determining the regulation quality in automatic control systems - laboratory stand: A laboratory stand for control on positioning mechanism by personal computer and microcontroller was developed. It is built on contemporary devices and offers various possibilities of implementation into practice many laboratory exercises, for example: determining the positioning accuracy, study of stepper motors, programming of microcontrollers and more. Some examinations were made and the positioning error was calculated.

Key words: Microcontroller, positioning mechanism, MPLAB.

ВЪВЕДЕНИЕ

Качеството на регулиране се базира на определени изисквания, които трябва да бъдат удовлетворени при протичане на преходните процеси до установяване регулируемата величина в равновесно състояние [1]. При колебателни преходни процеси се контролират пререгулирането, колебателността, времето за достигане на първия максимум, периодът и честотата на колебанията. Точното следване на заданието в повечето случаи е от първостепенно значение за изпълнение на технологичните изисквания на дадено производство. Следователно, един от най-важните показатели на качеството на регулиране е точността на автоматичната система. Грешката ε е показател за качеството в установен режим – оценява се по разликата между зададената и действителната стойност на изходната регулируема величина, т.е. показва отклонението на текущата стойност на регулируемата величина $y(t)$ от нейната зададена стойност $x(t)$:

$$\varepsilon(t) = x(t) - y(t) \quad (1)$$

Постигането на необходимата точност е основно изискване при всички позиционни задвижвания. Те осигуряват преместване на работните органи (РО) на позиционните машини по отделните координати на обслужваното пространство. Във всеки момент (или поне през отделни етапи на работата) РО трябва да заемат строго фиксирано положение в пространството в определена координатна точка – позиция. Преместването на РО се реализира с помощта на няколко взаимодействащи си механизми, които осигуряват установяване с предварително зададена точност.

Широко приложение в позиционните задвижвания намират стъпковите двигатели. Те притежават удържащ момент в неподвижно състояние, сравнително висок въртящ момент за физическите им размери, особено при много ниски скорости на въртене. Простата и надеждна конструкция позволява да работят добре независимо от вида на околната среда. Безчетковият тип стъпкови двигатели фактически не се нуждаят от поддръжка [3].

Прилагането на микростъпково управление позволява плавно въртене, пълно използване по въртящ момент, елиминиране на механичните осцилации в целия обхват на скоростта (обикновено от 0 до 3000 rpm), както и липса на трептене и механично износване на въртящите се части на системата. Преодоляват се шумовите и резонансни проблеми и се увеличава точността на стъпката и разделителната способност. Тази висока резолюция на позициониране елиминира нуждата от скоростна кутия или редуктор в прецизните мехатронни системи.

ЛАБОРАТОРЕН СТЕНД

Разработен е лабораторен стенд за управление на позиционен механизъм с компютър и микроконтролер. Изграден е със съвременни технически средства и създава възможности за обучение и провеждане на практически упражнения в

няколко насоки: определяне точността на спиране при позиционни механизми, изследване работата на стъпкови двигатели, програмиране на микроконтролери и др. Схемата на лабораторния стенд е показана на фиг. 1. Изграден е от стъпков двигател A1-A2 B1-B2 (24V, 1,8о) и драйвер, който включва следните елементи:

PIC16F873A – Микроконтролер [4];

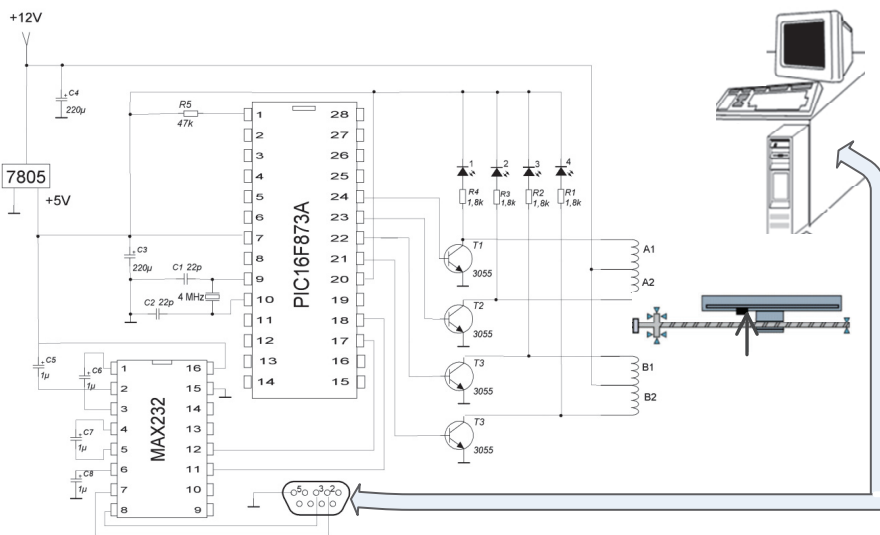
Кварцов генератор 4Mhz;

MAX 232 - RS232 Драйвер/приемник за връзка с компютър;

7805 - Стабилизатор на напрежение;

T1 – T4 - Транзистори 2N 3055 (60V/8A) – 4 бр;

Светодиоди 2,5V/25mA – 4 бр. (индикация на активираната статорна намотка на двигателя в реално време).



Фиг. 1 - Лабораторен стенд

За изпълнение на желаните функции микроконтролерът се нуждае от програма, предварително записана в неговата памет: това е последователност от инструкции, обуславяща изпълнението на конкретен алгоритъм, необходим за работата на устройството. Основният език за програмиране, използван при повечето микроконтролери, е Асемблер – машинно ориентиран език, чието основно предназначение е осъществяване на комуникация между човека и микроконтролера. Включва набор от 35 символични инструкции (мнемоники), на всяка от които съответства една единствена машинна инструкция, директно разпознавана и изпълнявана от централния процесор на PIC-микроконтролерите [2]. Синтаксисът на инструкциите е съобразен с този, заложен в програмата MPASM (транслаторът от асемблер на машинен език).

Съставянето, транслирането, симулацията и оптимизацията на програмата за микроконтролера са извършени в развойна среда MPLAB. Тя предоставя следните средства за изграждане на приложения:

Мениджър на проекта (Project Manager) – позволява създаване на проект, работа със специфични файлове, свързани с него, сглобяване на крайното приложение и зареждането му като машинен (шестнадесетичен) код в емулатор или симулатор. Приложните програми за микроконтролери се организират за конкретно

приложение в т.н. проект. Проектът е обобщено понятие, което включва в единно цяло първичната програма, придружаващите я (Include) файлове, транслирания и свързан файл в машинен код, настройките на средата, файловете със входни въздействия, файловете, получени при настройката и т.н.

Текстов редактор на програми (MPLAB Editor) – позволява въвеждане и редактиране на първичните текстови файлове, както и автоматично локализиране на грешки.

Универсален транслатор (Асемблер) MPASM за микроконтролери - поддържа програмните модели и набора от инструкции.

Програмен симулатор (MPLAB-SIM) - симулира изпълнението на инструкции от първичната програма и поведението на входовете/изходите, т.е. предоставя средства за бърза настройка на програмите

Емулатор (PICMASTER Emulator) - апаратен модул за емулиране на приложения за микроконтролер (проследяване хода на изпълнение на програмата в реално време).

Програма се разделя на две основни части:

- конфигуриране на битовете на регистрите със специални функции (SFR) и включва заглавните файлове с разширение „*.inc”, битовете на конфигуриращата дума и други стандартни етикети. Чрез тях се конфигурират периферните устройства на микроконтролера, използването на които осъществява комуникацията с компютъра, обработването на входните данни и изпълнението на изходните управляващи сигнали;

- инструкции на главната програма и съпътстващите я подпрограми, които изграждат логиката за управление на стъпковия двигател.

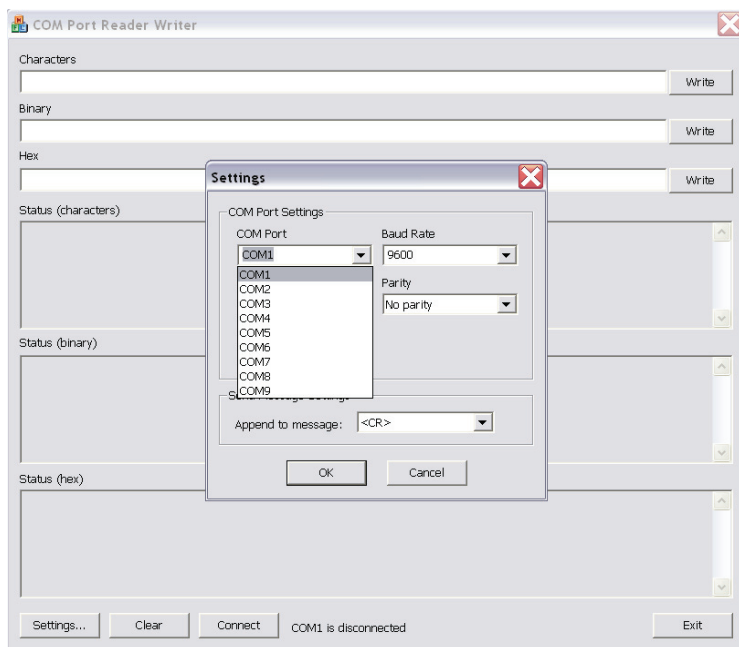
Най-напред се извършва инициализация на модул „USART”, разрешава се приемникът. При изпращане на байт от компютъра приемникът на модул USART генерира прекъсване, приетият байт се копира в работния регистър, където остава до изпращането му обратно към компютъра. Предавателят на модул USART се разрешава и се извиква подпрограма IZH. Опознава се знакът пред приетото число: ако е „+“ се изпълнява подпрограма „POL”, а ако е различен – подпрограма „OTR”.

След изпълнението на всяка една стъпка се извиква подпрограма „GPA”. Това е подпрограма за пауза между изпълнението на стъпките, която всъщност определя скоростта на въртене на стъпковия двигател.

Записването на програмата от компютъра в микроконтролера се извършва чрез програматор – той осъществява електрическата връзка между микроконтролера и персоналния компютър, като обикновено се използва серийния порт RS-232. В този случай се използват само пет извода от PIC-микроконтролера. Два от тях са за захранване на микроконтролера, други два - на тактов сигнал и данни, и един - за подаване на програмиращо напрежение. Ролята на програматора е именно да осигури необходимите нива на всички сигнали, използвани при програмиране на микроконтролера. Нивата, получавани от серийния порт на компютъра, са: -3... -25V за лог. „1” и +3...+25V за лог. „0”.

В механичната част на стенда участва редуктор с предавателно число $i=3/1$, който преобразува въртеливото движение в постъпателно, т.е. лабораторният стенд представлява линеен позиционен механизъм. Стъпковият двигател задвижва репер, който се движи по релси и отчита преместването чрез мерителна линия. При задание 050 двигателят прави един оборот, а реперът се отмества с 16,9 мм. Това означава, че при задание 001 двигателят прави четири стъпки и отмества репера с 0,338мм, а една стъпка съответно отговаря на 0,0845мм. При задание 255, което е максималната стойност, реперът ще се отклони на 86,19мм.

За правилното експлоатиране на лабораторния стенд първоначално се извършва настройка на интерфейса COM Port Reader Writer, с помощта на който се подават и четат команди към (от) драйвера (фиг.2):



Фиг. 2 - Меню с настройките на интерфейса за командване на драйвера

- избор на COM-порта, към който е свързан лабораторният стенд;
- скорост на предаване на данните (Baud Rate – 9600 bps)
- размер на предаваните данни (Byte Size – 8)

В менюто за управление на драйвера има три ленти, в които могат да се напишат входните данни за изпълнение от микроконтролера. В първата лента с надпис „Characters” се въвеждат десетични числа със знак + или – в зависимост от желаната посока за движение. Числата могат да бъдат въведени в двоичен или шестнадесетичен код, съответно във втората или третата лента. Командата се изпраща до микроконтролера чрез натискането на бутон „Write”. След обработката на данните микроконтролерът ги връща към интерфейса и се изписват в десетичен, шестнадесетичен и двоичен код в лентите с имена „Status”. Ако такива данни липсват, предварителните настройки не са правилно организирани.

ОПРЕДЕЛЯНЕ ТОЧНОСТТА НА ПОЗИЦИОНИРАНЕ

Основна цел на изпитанията е да се изследва точността на линейни позиционни механизми с микроконтролерно управление и стъпково електрозадвижване. Въпреки че се използва назъбен ремък, редукторът често е причина за намаляване точността на позициониране.

В менюто за управление на драйвера се задават различни стойности Z за придвижване на репера в нарастваща последователност. Изчислява се зададеното разстояние $S_{зад}$:

$$S_{зад} = Z * 0,338, \text{ mm} \quad (2)$$

След изпълнение на придвижването на репера, се отчита изминатия път $S_{изм.}$ и се изчисляват грешките ΔS :

абсолютна грешка:

$$\Delta S_a = (S_{изм.} - S_{зад.}) \quad (3)$$

относителна грешка:

$$\Delta S_o = (S_{изм.} - S_{зад.}) / S_{зад.} \quad (4)$$

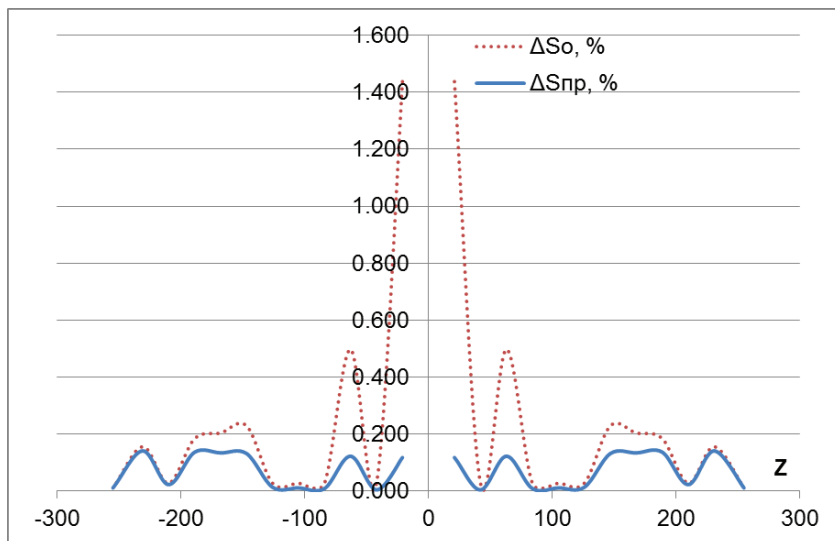
приведена грешка:

$$\Delta S_{пр} = (S_{изм.} - S_{зад.}) / S_{изм.мах.} \quad (5)$$

Правят се аналогични измервания за обратна посока. Получените данни са показани в табл. 1. Построени са графиките на приведената и относителната грешка $\Delta S = f(Z)$ (фиг.3).

Табл. 1 - Резултати от изпитанията

Z	S _{зад.}	S _{изм.}	ΔS _а	ΔS _о	ΔS _{пр}	Z	S _{зад.}	S _{изм.}	ΔS _а	ΔS _о	ΔS _{пр}
	mm	mm	%	%	%		mm	mm	%	%	%
21	7.098	7.2	0.102	1.437	0.118	-21	-7.098	-7.2	0.102	1.437	0.118
42	14.196	14.2	0.004	0.028	0.005	-42	-14.196	-14.2	0.004	0.028	0.005
63	21.294	21.4	0.106	0.498	0.123	-63	-21.294	-21.4	0.106	0.498	0.123
84	28.392	28.4	0.008	0.028	0.009	-84	-28.392	-28.4	0.008	0.028	0.009
105	35.49	35.5	0.01	0.028	0.012	-105	-35.49	-35.5	0.01	0.028	0.012
126	42.588	42.6	0.012	0.028	0.014	-126	-42.588	-42.6	0.012	0.028	0.014
147	49.686	49.8	0.114	0.229	0.132	-147	-49.686	-49.8	0.114	0.229	0.132
168	56.784	56.9	0.116	0.204	0.135	-168	-56.784	-56.9	0.116	0.204	0.135
189	63.882	64	0.118	0.185	0.137	-189	-63.882	-64	0.118	0.185	0.137
210	70.98	71	0.02	0.028	0.023	-210	-70.98	-71	0.02	0.028	0.023
231	78.078	78.2	0.122	0.156	0.142	-231	-78.078	-78.2	0.122	0.156	0.142
255	86.19	86.2	0.01	0.012	0.012	-255	-86.19	-86.2	0.01	0.012	0.012



Фиг. 3 - Относителна и приведена грешка на позиционния механизъм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изграденият лабораторен стенд за настройка и изпитания на стъпково електрозадвижване е използван за обучение и провеждане на практически упражнения в съвременна лабораторна база. По този начин се повишава качеството

на подготовка на обучаемите в областта на позиционните задвижвания и на управлението им. Използвайки възможностите на микроконтролера, могат да бъдат решавани редица оптимизационни задачи за позиционирането по отношение на точност и производителност, като се променя скоростта на въртене на двигателя.

Изпитанията показват еднакви по стойност отклонения от зададената стойност в двете посоки на движение. Грешките са малки и удовлетворяват условията за точност, поставяни пред позиционните системи. По този начин е направена експериментална верификация на ефективността и приложимостта на разработения метод за управление на стъпкови задвижвания, използвани за позициониране.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Баранов Л., Модели систем автоматического управления. Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ), Москва, 2008.

[2] Кенаров Н., PIC Микроконтролери. Млад конструктор, Варна, 2006.

[3] Куцаров С., Интегрални схеми за управление на електродвигатели. Инженеринг ревю, бр. 3, 2006, 42-46.

[4] PIC16F87XA - 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers, Microchip Technology Inc., 2012.

За контакти:

гл. ас. д-р инж. Васил Димитров Димитров, Катедра “Електроснабдяване и електрообзавеждане на транспорта”, Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“ – София, тел.: 02-9709-281, e-mail: vdimitroff@abv.bg

гл. ас. инж. Емилия Андонова Димитрова, Катедра “Съобщителна и осигурителна техника и системи”, Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“ – София, тел.: 02-9709-297, e-mail: edimitrova@bitex.bg

Докладът е рецензиран.