

Razvoj regulatora za brzinu obrtanja jednosmernog motora

Vladimir Lapčević
Institut Mihajlo Pupin
Beograd, Srbija
vladimir.lapcevic@pupin.rs

Abstract— U ovom radu je predstavljen razvoj uređaja za regulaciju brzine obrtanja jednosmernog motora. Uređaj je zasnovan na impulsno širinskoj modulaciji i integrisanom kolu L6203 koje predstavlja H-most. Ovaj rad predstavlja spoj energetske elektronike, DC motora i mikrokontrolera. Dva tastera se koriste da povećaju i smanje rotacionu brzinu koja se vidi na ugrađenom displeju.

Ključne reči—DC motor, H-most, PWM signal, mikrokontroler

I. UVOD

Električni motori su uređaji koji konvertuju električnu energiju u mehaničku energiju. Oni se koriste u industriji i u domaćinstvu i danas bi život bez električnih motora bio nezamisliv. U većini slučajeva je dovoljno da se električni motor okreće konstantnom brzinom, ali postoje slučajevi gde postoji potreba da se električni motor okreće sa promenljivom brzinom. Jednosmerni motor (eng. „direct current electrical motor - DC electrical motor”) zahteva jednosmerni napon za svoj rad. DC motori se mogu podeliti na dve grupe prema konstrukciji:

- DC motori sa četkicama (eng. „brushed DC motors”)
- DC motori bez četkica (eng. „brushless DC motors”)

DC motori se mogu podeliti prema načinu realizacije pobudnog magnetnog polja [1], [2]:

- DC motori sa nezavisnom pobudom
- DC motori sa paralelnom pobudom
- DC motori sa rednom pobudom
- DC motori sa složenom pobudom

II. DC MOTOR SA NEZAVISNOM POBUDOM

DC motor sa nezavisnom pobudom ima pobudno polje koje je potpuno nezavisno od struje rotora. On se sastoji od statora, rotora, četkica i komutatora [2]. Stator je nepokretni deo DC motora i u statoru se nalazi stalni magnet ili elektromagnet. U statoru se nalazi stalni magnet kod DC motora manje snage, a elektromagnet kod DC motora veće snage. Rotor kod DC motora sa nezavisnom pobudom je pokretni deo sa kalemom. Komutator je povezan sa rotorom i sastoji od dva odvojena bakarna kontakta u vidu dva poluprstena. Ova dva poluprstena su pričvršćena za rotor. Četkice se koriste da bi se ostvario kontakt između komutatora i električnog izvora. DC motori sa nezavisnom

pobudom su vrlo jednostavni za upravljanje jer je brzina rotacije proporcionalna naponu na rotoru. Regulator za brzinu obrtanja DC motora sa nezavisnom pobudom je prikazan na slici 1.



Sl. 1 Regulator za brzinu obrtanja DC motora

Moment DC motora je dat pomoću sledeće jednačine [3]:

$$M = k_m \Phi i_R \quad (1)$$

gde je:

k_m – konstanta koja predstavlja magnetne osobine DC motora

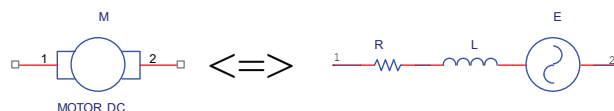
Φ – magnetni fluks DC motora

i_R – struja rotora DC motora

Struja koja protiče kroz rotor i_R stvara svoje sopstveno magnetno polje H_R . Obrtni momenat rotora nastaje kao posledica interakcije magnetnog polja rotora H_R i magnetnog polja statora H_S jer oba vektora magnetnog polja imaju tendenciju da zauzmu isti smer [3]:

$$\vec{H}_R \times \vec{H}_S \rightarrow 0 \quad (2)$$

Elektromotorna sila se indukuje na krajevima rotora zbog Lencovog zakona. Lencov zakon kaže da je smer indukovane električne struje takav da se magnetno polje indukovane struje protivi spoljašnjem magnetnom polju usled kojeg je došlo do indukcije. Električno kolo rotora se može predstaviti kao redna veza otpornika, kalema i indukovano naponskog izvora koji se označava kao indukovana elektromotona sila (slika 2) [4].



Sl. 2 Električno kolo rotora

Jednačina koja opisuje električno kolo rotora DC motora je predstavljena pomoću sledećeg izraza [3], [5]:

$$U_R = R_R i_R + L_R \frac{di_R}{dt} + \varepsilon \quad (3)$$

gde je:

U_R – napon na rotoru

R_R – otpornost na rotoru

L_R – induktivnost rotora

ε – elektromotorna sila

Elektromotorna sila ε DC motora je data pomoću sledeće jednačine [2]:

$$\varepsilon = k_e \Phi \omega \quad (4)$$

gde je:

k_e – konstanta koja predstavlja električne osobine DC motora

ω – brzina obrtanja DC motora

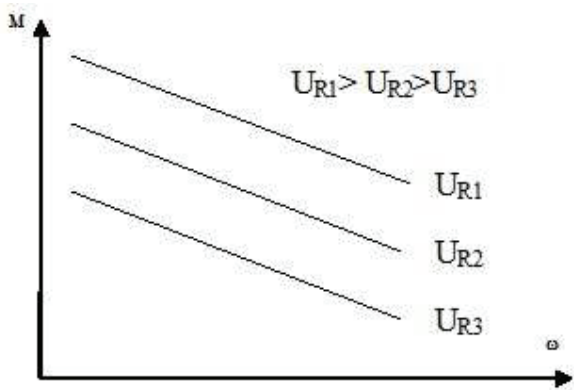
Struja rotora je približno konstantna i zbog toga jednačina (3) može biti pojednostavljena:

$$U_R = R_R i_R + k_e \Phi \omega \quad (5)$$

M- ω karakteristika DC motora je dobijena posle jednačina (1) i (5):

$$M = \frac{k_m \Phi U_R}{R_R} - \frac{k_e k_m \Phi^2}{R_R} \cdot \omega \quad (6)$$

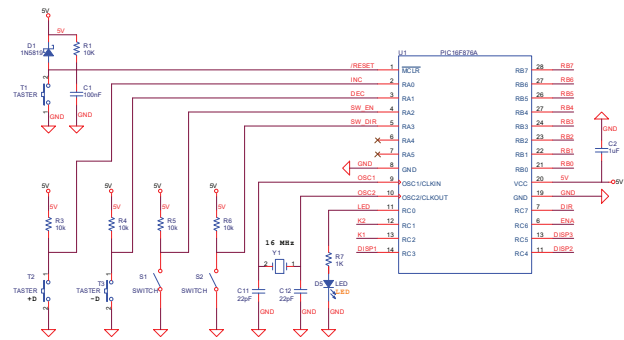
M- ω karakteristika DC motora za različite napone na rotoru je prikazana na slici 3. Iz prethodnih jednačina se može videti da je DC motor sa nezavisnom pobudom vrlo jednostavan za upravljanje.



Sl. 3 M- ω karakteristika DC motora

III. MIKROKONTROLER PIC16F876A

Mikrokontroler PIC16F876A [6] je ugrađen u regulator koji je predstavljen u ovom radu (slika 4).



Sl. 4 Mikrokontroler PIC16F876A i njegove veze sa ostatkom elektronike

Mikrokontroler predstavlja mozak uređaja jer upravlja kompletnom elektronikom u uređaju. Rad mikrokontrolera je zasnovan na programu koji se nalazi u FLASH memoriji mikrokontrolera. Program za mikrokontroler je napisan u C programskom jeziku i zauzima 2 kB FLASH memorije. Uređaj ima 4 digitalna ulaza. Dva digitalna ulaza su realizovana pomoću dva tastera i dva „pull-up” otpornika. Ova dva digitalna ulaza su namenjena za zadavanje brzine obrtanja DC motora. Jedan taster je namenjen za povećanje brzine DC motora, a drugi taster je namenjen za smanjenje brzine DC motora. Druga dva digitalna ulaza su realizovani preko dva prekidača i dva „pull-up” otpornika. Jedan od ova dva digitalna ulaza je upotrebljen za dozvolu obrtanja DC motora, a drugi je namenjen za zadavanje smeru obrtanja. Mikrokontroler čita ova dva digitalna ulaza, koja su realizovana preko prekidača i postavlja digitalne izlaze koji su kontrolni signali za integrisano kolo L6203 [7] koje predstavlja H-most. Na taj način integrisano kolo L6203 dobija dozvolu za obrtanje i zadaje mu se smer obrtanja. Vreme isteka tajmera TMR0 (eng. „timeout”) je postavljeno na 1 ms. Nakon isteka 1 ms vrši se debaunsiranje tastera i skeniranje tri 8-segmentna LED displeja. Mikrokontroler PIC16F876A ima 2 PWM modula koji se koriste za upravljanje H-mostom. Frekvencija kristala kvarca f_{osc} , koji je povezan sa mikrokontrolerom, je 16 MHz. Postoji jedan preskaler koji je integrisan u mikrokontroler i koji deli ulaznu frekvenciju 4 puta. Ulazna frekvencija f_{IN} je 4 puta manja nego frekvencija kristala kvarca f_{osc} .

$$f_{IN} = \frac{f_{OSC}}{4} \quad (7)$$

Frekvencija signala takta tajmera TMR0 je jednaka količniku ulazne frekvencije f_{IN} i vrednosti preskalera K_0 tajmera TMR0.

$$f_{CLK} = \frac{f_{IN}}{K_0} \quad (8)$$

gde je:

K_0 –vrednost preskalara tajmera TMR0

Perioda signala takta tajmera T_{CLK} je jednaka recipročnoj

vrednosti njegove frekvencije f_{CLK} :

$$T_{CLK} = \frac{1}{f_{CLK}} \quad (9)$$

Perioda signala takta T_{CLK} tajmera TMR0 je dobijena zamenom vrednosti iz poslednje 3 jednačine:

$$T_{CLK} = \frac{4K_0}{f_{OSC}} \quad (10)$$

Prekidna rutina se dešava nakon periode koja je jednaka proizvodu broja otkucaja tajmera i periodi signala takta tajmera T_{CLK} :

$$T_{INT} = nT_{CLK} \quad (11)$$

gde je:

n – broj otkucaja tajmera TMR0

Perioda nastanka prekidne se može predstaviti i na drugi način kombinovanjem prethodne dve jednačine:

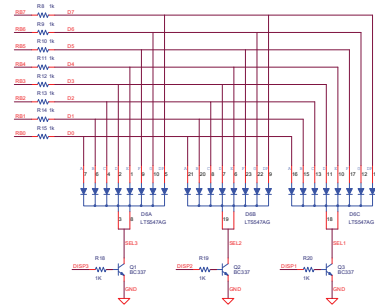
$$T_{INT} = \frac{4nK_0}{f_{OSC}} \quad (12)$$

Prekidna rutina se izvršava periodično sa periodom koja je postavljena na 1 ms. To može biti realizovano ako je frekvencija kristala kvarca f_{OSC} jednaka 16 MHz, ako je vrednost preskalera K_0 jednaka 16 i ako je broj otkucaja tajmera jednak 250. U programu prekidne rutine tajmera TMR0 je neophodno da se postavi da je početna vrednost tajmera jednaka 6. U tom slučaju broj otkucaja „ n ” je postavljen na 250. Tajmer TMR0 je 8-bitni tajmer i on broji od 0 do 255. Sledeći otkucaj tajmera dvesta pedeset šesti će izazvati prekid. U programu prekidne rutine tajmera TMR0 je neophodno obrisati bit TOIF u registru INTCON. Ovo je neophodno da bi sledeći prekid bio omogućen. Watchdog tajmer je uključen u rad mikrokontrolera. Vreme watchdog tajmera je postavljeno na 18 ms jer je preskaler dodeljen tajmeru TMR0.

IV. ZADAVANJE I OČITAVANJE BRZINE

Zeleni taster se koristi za povećanje brzine. Crveni taster se koristi za smanjenje brzine. Pin RA0 mikrokontrolera je povezan na zeleni taster, a pin RA1 mikrokontrolera je povezan na crveni taster. Ova dva pina mikrokontrolera RA0 i RA1 su konfigurisani kao ulazni pinovi. Svaki od njih je povezan na „pull-up” otpornik. Ako je taster pritisnut onda logička nula dolazi na pin, a ako je taster nije pritisnut onda logička jedinica dolazi na pin. Svaki put kad je taster pritisnut dolazi do mehaničke pojave odskakanja tastera (eng. „*bouncing*”) između dva položaja dok taster ne ostane u krajnjem položaju. Ova pojava traje nekoliko milisekundi. Da bi se izvršilo pravilno očitavanje tastera neophodno je softverski eliminisati ovu neželjenu pojavu (eng. „*software debouncing*”) tako što se stanje tastera očitava na svakih 1 ms i kada je stanje tastera isto tokom 50 ms onda se to stanje proglašava za validno stanje. Jednim pritiskom na zeleni taster se brzina rotacije DC motora povećava za 1 %. Jednim pritiskom na crveni taster se brzina

rotacije DC motora smanjuje za 1 %. Brzina rotacije može biti postavljena u intervalu od 0 % do 100 %. Ovaj procenat predstavlja faktor ispunjenosti (eng. „*duty cycle*”) PWM signala. Impulсно širinski modulisani signal (eng. „*Pulse width modulated signal - PWM*”) se koristi za upravljanje radom DC motora. Korisnik može da pročita vrednost faktora ispunjenosti PWM signala pomoću LED displeja. LED displej se sastoji od tri 8-segmentna LED displeja. Mikrokontroler upravlja radom LED displeja preko tri pina RC3, RC4 i RC5. Svaki od ovih pinova upravlja radom jednog 8-segmentnog LED displeja preko jednog NPN tranzistora (slika 5). Osmi segment LED displeja je namenjen za tačku, a tačka se ovde ne koristi.



Sl. 5 Električna veza između mikrokontrolera i displeja

U svakom momentu je samo jedan 8-segmentni displej uključen. Za to vreme su preostala druga dva displeja isključena. Skeniranje displeja se obavlja na svakih 1 ms što znači da je frekvencija skeniranja sva tri displeja 333 Hz. Ova frekvencija skeniranja je dovoljno brza da ljudsko oko smatra da su sva tri displeja istovremeno uključena.

V. PWM MODULACIJA

Mikrokontroler PIC16F876A ima dva integrisana PWM modula. Oba PWM modula su iskorišćena za upravljanje DC motorom. Jedan PWM modul je korišćen za jedan smer rotacije, a drugi PWM modul je korišćen za drugi smer rotacije. Jedan od registara je registar PR2 i njegova vrednost definiše frekvenciju PWM signala. Perioda PWM signala je data pomoću sledeće jednačine:

$$T_{PWM} = (1 + PR2) \cdot T_{C2} \quad (13)$$

gde je:

T_{C2} – perioda signala takta tajmera TMR2

PR2 – vrednost registra PR2

Frekvencija tajmera TMR2 f_{C2} je jednaka recipročnoj vrednosti periode tajmera TMR2 T_{C2} .

$$T_{C2} = \frac{1}{f_{C2}} \quad (14)$$

Frekvencija signala takta tajmera TMR2 f_{C2} je određena pomoću sledeće jednačine:

$$f_{C2} = \frac{f_{OSC}}{4K_2} \quad (15)$$

gde je:

f_{OSC} – frekvencija kristala kvarca oscilatora

K_2 – vrednost preskalera tajmera TMR2

Sledeća jednačina je dobijena posle jednačina (14) i (15):

$$T_{C2} = \frac{4K_2}{f_{OSC}} \quad (16)$$

Frekvencija kristala kvarca je jednaka recipročnoj vrednosti periode kristala kvarca:

$$f_{OSC} = \frac{1}{T_{OSC}} \quad (17)$$

Sledeća jednačina je dobijena posle jednačina (16) i (17):

$$T_{C2} = 4K_2 \cdot T_{OSC} \quad (18)$$

Sledeća jednačina je dobijena posle jednačina (13) i (18):

$$T_{PWM} = 4K_2(1 + PR2) \cdot T_{OSC} \quad (19)$$

Frekvencija PWM signala f_{PWM} je jednaka recipročnoj vrednosti periode PWM signala:

$$f_{PWM} = \frac{1}{T_{PWM}} \quad (20)$$

Sledeća jednačina je dobijena posle jednačina (17), (19) i (20) i ona je jako važna jer definiše frekvenciju PWM signala:

$$f_{PWM} = \frac{f_{OSC}}{4K_2(1 + PR2)} \quad (21)$$

U ovom slučaju frekvencija PWM signala f_{PWM} je postavljena na 5 kHz. Ovo se može postići tako što je u registar PR2 upisana vrednost 199, a vrednost preskalera tajmera TMR2 K_2 je postavljena na vrednost 4. Frekvencija kristala kvarca f_{OSC} je 16 MHz. Vreme trajanja impulsa Δt od PWM signala je određeno pomoću sledeće jednačine:

$$\Delta t = N \cdot T_{C2} \quad (22)$$

gde je:

N – broj otkucaja tajmera TMR2

Sledeća jednačina je dobijena posle jednačina (18) i (22):

$$\Delta t = 4NK_2T_{OSC} \quad (23)$$

Rezolucija širine impulsa Δt PWM signala je 10 bita. Registar koji se koristi za određivanje širine impulsa PWM signala ima rezoluciju od 10 bita. Ovaj registar je dobijen spajanjem dva registra. Jedan od njih je 8-bitni registar CCPR1L. Drugi od njih je 2-bitni registar i on predstavlja četvrti i peti bit registra CCP1CON. U daljem tekstu ovaj dvobitni registar će biti označavan kao CCP1CON<5:4>. Ova dva bita su dva niža bita 10-bitnog broja. Rezultujući registar za poređenje ima rezoluciju 10 bita i označen je kao:

$$< Re g > = < CCPR1L : CCP1CON < 5 : 4 > > \quad (24)$$

Rezolucija tajmera TMR2 je 8 bita. Dva digitalna broja se mogu porediti pomoću digitalnog komparatora pod uslovom da imaju istu rezoluciju. Zbog toga je neophodno povećati rezoluciju tajmera TMR2. Da bi se to ostvarilo uzima se 8-bitna vrednost tajmera i pomera se za dva bita ulevo. Nakon toga dobija se broj koji ima rezoluciju 10 bita. Svako pomeranje digitalnog broja za 2 bita u levo predstavlja množenje sa 4. Zbog toga je vrednost registra za poređenje jednaka:

$$< Re g > = 4N \quad (25)$$

Sledeća jednačina je dobijena posle jednačina (23), (24) i (25):

$$\Delta t = K_2 T_{OSC} < Re g > \quad (26)$$

Faktor ispunjenosti PWM signala je dobijen kao količnik trajanja impulse i periode PWM signala:

$$D = \frac{\Delta t}{T_{PWM}} \quad (27)$$

Sledeća jednačina je dobijena posle jednačina (26) i (27):

$$< Re g > = \frac{D \cdot T_{PWM}}{K_2 \cdot T_{OSC}} \quad (28)$$

Poslednja jednačina može biti napisana u drugoj formi:

$$< Re g > = \frac{D \cdot f_{OSC}}{K_2 \cdot f_{PWM}} \quad (29)$$

Faktor ispunjenosti PWM signala je broj u intervalu između 0 i 1. Broj d_x , koji je dobijen pritiskom tastera za povećanje i smanjenje faktora ispunjenosti je broj u intervalu od 0 do 100. Zbog toga se faktor ispunjenosti može napisati na sledeći način:

$$D = \frac{d_x}{100} \quad (30)$$

gde je:

d_x – broj između 0 i 100 dobijen pritiskom tastera za povećanje i smanjenje faktora ispunjenosti.

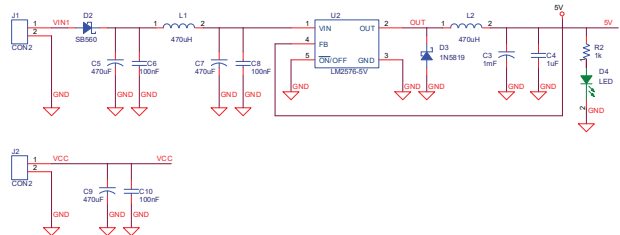
D – faktor ispunjenosti PWM signala (broj između 0 i 1)

Sledeća jednačina je dobijena posle jednačina (29) i (30):

$$< Re g > = \frac{d_x \cdot f_{OSC}}{100 \cdot K_2 \cdot f_{PWM}} \quad (31)$$

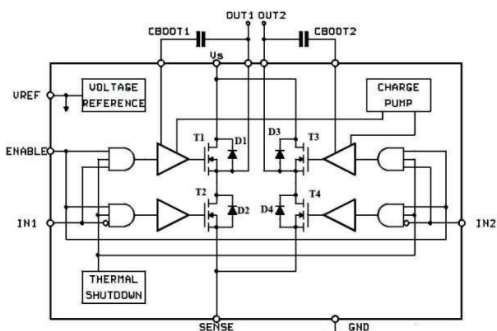
Širina impulsa PWM signala se zadaje kada se u 10-bitni registar <CCPR1L:CCP1CON<5:4>> upiše vrednost koja je data jednačinom (31).

Postoje dva naponska izvora na ulazu u regulator. Prvi naponski izvor V_{CC} je iskorišćen za napajanje H-mosta L6203 i to je u ovom slučaju napon od 24 V. Drugi naponski izvor je od 12 V i iskorišćen je za realizaciju napajanja od 5 V. Mikrokontroler PIC16F876A radi na naponu od 5 V. Napajanje od 5V je realizovano pomoću prekidačkog regulatora LM2575, kondenzatora, kalema i diode. Napajanje je prikazano na slici 6.



Sl. 6 Napajanje uređaja

Integrirano kolo L6203 predstavlja H-most sa kontrolnom logikom i koristi se za upravljanje DC motorom (slika 7). Način na koja su četiri tranzistora povezana sa DC motorom se zove H-most jer su povezani u obliku slova H. Mnogo je praktičnije koristiti integrirano kolo koje ima integriran H-most sa kontrolnom logikom nego sve to praviti pomoću tranzistora i logičkih kola. Mnogo bolje je koristiti H-most sa mosfet tranzistorima nego sa bipolarnim tranzistorima jer su gubici snage na mosfet tranzistorima vrlo mali. H-most se može posmatrati kao dva polumosta: levi i desni. U jednom trenutku samo jedan tranzistor u jednom polumostu može biti provodan. U suprotnom ako bi oba tranzistora u polumostu bila provodna onda bi se generisala velika struja i tranzistori bi pregoreli. Integrirano kolo L6203 ima zaštitu za to.



Sl. 7 Elektronika u integrisanom kolu L6203

Diode su neophodne da bi se omogućio protok struje kada su tranzistori isključeni. Integrirano kolo L6203 sa pratećim elektronskim komponentama i vezom sa DC motorom je prikazano na slici 8.

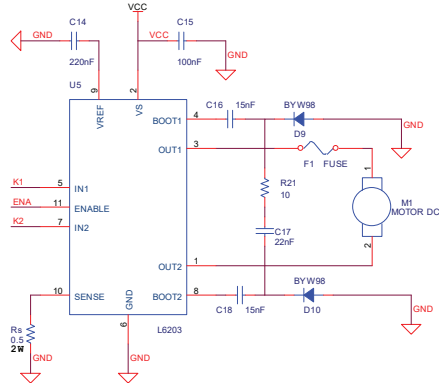


TABELA II. DRUGI SMER ROTACIJE

Kontrolni signali: IN1=0, IN2=PWM, ENA=1			
	Provide	U_{M12}	t
PWM=1	T2, T3	$-V_{CC}$	$[0, DT_s]$
PWM=0	T2, D4	0	$[DT_s, T_s]$

Dioda D4 je provodna za vreme pauze od PWM signala (PWM=0) jer struja rotora je struja kalema koja mora da nastavi da teče i kada je tranzistor T3 isključen. Iz tabele 2 se može videti da je apsolutna vrednost srednjeg napona na rotoru DC motora jednaka DV_{CC} kao i što je predstavljena relacijom (32), a znak napona je negativan jer se DC motor obrće u suprotnom smeru. Pin „SENSE” integrisanog kola L6203 je namenjen za kontrolu struje rotora DC motora. Senzitivni otpornik R_S (slika 8), koji je povezan na ovaj pin, ima vrlo malu otpornost od 0.5 Ω i služi za merenje struje rotora I_R . Na otporniku R_S se formira napon U_S koji nosi informaciju o struji rotora.

$$U_S = R_S I_R \quad (33)$$

Ovaj napon može biti izmeren pomoću A/D konvertora koji je integrisan u mikrokontroleru. U tom slučaju mikrokontroler „zna” vrednost struje rotora DC motora i može da zaustavi DC motor ukoliko je struja rotora suviše velika. Struja rotora DC motora je velika ukoliko je opterećenje na osovini DC motora veliko. Velika struja rotora može da ošteti DC motor. Drugi način za zaštitu DC motora od velike struje rotora je upotreba osigurača koji je serijski povezan sa DC motorom (slika 8). Osigurač se montira na kućište osigurača i može biti zamenjen u zavisnosti od maksimalne struje rotora DC motora. U slučaju da se koristi osigurač onda nema potrebe da se koristi senzitivni otpornik R_S i tada je pin „SENSE” povezan na masu (GND). Na regulatoru postoje i dve LED diode koje pokazuju smer rotacije DC motora.

Rezultati merenja napona na rotoru i brzine obrtanja DC motora sa četkicama su prikazani u tabeli 3. Iz ovih rezultata merenja se može videti da je brzina obrtanje rotora ω_R linearno zavisna od napona na rotoru U_R i da je pad napona na mosfet tranzistorima od H-mosta samo 0.3 V.

TABELA III. IZMERENE VREDNOSTI NA DC MOTORU

$D[\%]$	$U_R [V]$	$\omega_R [round/min]$
10	2.2	50.4
20	4.59	105.2
30	6.9	158.1
40	9.38	215
50	11.76	269.5
60	14.16	324.5
70	16.55	379.3
80	18.93	433.8
90	21.2	485.8
100	23.7	543.1

VI. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljeno jedno originalno rešenje regulatora za brzinu obrtanja DC motora bez povratne sprege. Iz svega predstavljenog se može videti da je ključno izbor kvalitetnog H-mosta. Korišćenjem H-mosta L6203 sa mosfetovima omogućen je zanemarljivo mali pad napona na tranzistorima i na taj način je omogućeno da se gotovo ceo napon napajanja H-mosta prenese na DC motor. Ovo ne bi bilo moguće kod H-mosta L298 sa bipolarnim tranzistorima jer je na bipolarnim tranzistorima pad napona oko 2 V. Zbog toga je cena L6203 nekoliko puta veća od L298. Postoji mogućnost za dalji razvoj ovog uređaja u pogledu realizacije povratne sprege. Na osovini jednosmernog motora se može postaviti tahogenerator čiji je izlazni napon proporcionalan brzini obrtanja motora. Napon sa tahogenerata se preko razdelnika napona vodi na pin mikrokontrolera koji predstavlja ulaz u 10-bitni A/D konvertor koji je integrisan u mikrokontroleru. Ovo je povratna sprega po brzini obrtanja, a može se realizovati i povratna sprega po struji rotora tako što se napon U_S sa otpornika R_S (jednačina 33) vodi na drugi pin mikrokontrolera koji predstavlja drugi ulaz u A/D konvertor. Na osnovu izmerene brzine obrtanja motora i struje rotora se onda u programu mikrokontrolera vrši korekcija širine impulsa PWM signala. Pinovi RA0, RA1, RA2, RA3 i RA5 predstavljaju ulaze u A/D konvertor.

LITERATURA

- [1] M. Petrović, „Električne mašine i postrojenja”, Naučna knjiga, Beograd, 1986, pp. 100–104.
- [2] M. Brown, „Elektronika za pobudu i pogon elektromotora”, Agencija eho, pp. 46–51.
- [3] T. Šekara, „Praktikum za laboratorijske vježbe iz automatskog upravljanja”, Akademska misao, Beograd, 1994, pp. 27–29.
- [4] V. Vučković, „Električni pogoni”, Akademska misao, Beograd, 2002, pp. 57–60.
- [5] S. Vukosavić, „Električne mašine”, Akademska misao, Beograd, 2010, pp. 300–307.
- [6] Datasheet, „PIC16F87XA”, Microchip Technology, 2013.
- [7] Datasheet, „L6203 DMOS Full Bridge driver”, STMicroelectronics, 2003.
- [8] Datasheet, „L298 Dual Full Bridge driver”, STMicroelectronics, 2000.
- [9] D. Marčetić, P. Matić, „Digitalno regulisani elektromotorni pogoni”, Akademska misao, Beograd, 2020, pp. 131–135.

ABSTRACT

The development of a device for regulation of rotation speed of the DC motor is presented in this paper. The device is based on the pulse width modulation and integrated circuit L6203 which presents H-bridge. This paper presents combination of power electronics, DC motors and microcontrollers. The two keys are used to increase and decrease rotation speed with a visual inspection on a built-in display.

Key words — DC motor, H-bridge, PWM signal, microcontroller

DEVELOPMENT OF A REGULATOR FOR THE ROTATION SPEED OF THE DC MOTOR

Vladimir Lapčević