



COMANDA MOTOARELOR DE CURENT CONTINUU PRIN LĂȚIMEA IMPULSURILOR

Liliana DACHE

DC MOTORS CONTROL BY PULSE WIDTH

This paper proposes a modern method of adjusting the rotation speed of a DC motor. Development of DC static converters will allow adjustment of DC engine revolution by variation of supply voltage variation; you can get through that varies the voltage.

Study of pulse control of a DC motor is achieved by pulse width variation obtained by using static converters.

For a clearer example of the link between the setting of a gear and an automatic system will give an example of such a system by designing and establishing the necessary characteristics of the components of the schema which contains the control of impulses modulation.

Cuvinte cheie: motor, reglarea vitezei, impulsuri, modulație
Keywords: motor, speed control, pulse modulation

1. Introducere

Dezvoltarea electronicii de putere a permis materializarea cu eficiență economică deosebită a unei idei mai vechi în ceea ce privește reglarea vitezei motoarelor de curent continuu, alimentate de la surse de curent continuu. Este vorba de metoda alimentării motorului cu o tensiune de forma unor pulsuri periodice de înălțime U_0 și de perioadă T date, durata de pulsuri t_a și corespunzător durata pauzei t_p fiind variabile.

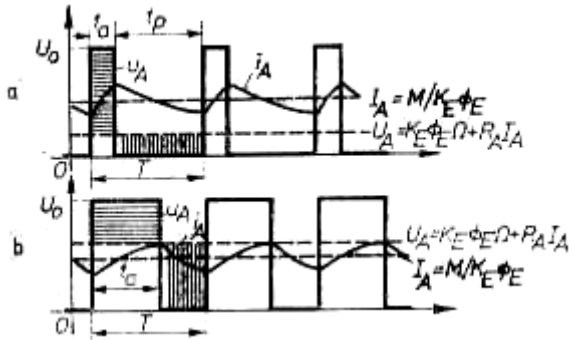


Fig.1 Principiul alimentării motorului de c.c. cu pulsuri de tensiune

Principial o asemenea tensiune se poate realiza cu ajutorul schemei din figura 2, care conține un motor cu excitație derivație, un întrerupător a care se închide și deschide cu perioada T , timpul de închidere fiind t_a . Dioda D este necesară pentru ca întreruperea curentului de către a să se facă cu arc electric cât mai redus, energia înmagazinată în circuitul rotorului al motorului, cât timp a a fost închis, întreținând curentul i_A pe durata pauzei pe drumul oferit de dioda D (curentul în intervalul când a este închis este reprezentat prin săgeata neagră).

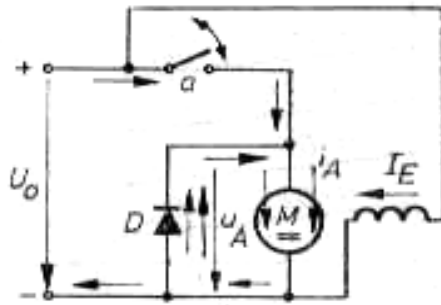


Fig. 2 Schema de principiu a alimentării motorului cu pulsuri de tensiune de la o sursă de c.c.

Se observă două situații pentru tensiunea u_A , care diferă prin durata pulsului, perioada fiind aceeași, în intervalul activ t_a curentul i_A crește, iar în intervalul de pauză scade.

Se consideră un regim de curent neîntrerupt (curentul se micșorează în intervalul de timp al pauzei, dar nu se anulează). În momentul când a se închide din nou, $i_A > 0$. În intervalul de timp t_a sunt valabile următoarele ecuații:

$$u_A = U_0 = R_A i_A + L_{AA} \frac{di_A}{dt} - e_0 \quad (1)$$

$$e_0 = -k_E \Phi_E \Omega \quad (2)$$

$$m = k_E \Phi_E i_A \quad (3)$$

În intervalul de pauză t_p sunt valabile aceleași ecuații, cu diferența că $u_A = 0$, dioda scurtcircuitând înfășurarea rotorică.

Făcând media pe o perioadă $T = t_a + t_p$ a ecuațiilor de funcționare, rezultă:

$$\begin{aligned} U_A &= R_A I_A + k_E \Phi_E \Omega \\ M &= k_E \Phi_E I_A = M_S \end{aligned} \quad (4)$$

în care: U_A , I_A , M , M_S reprezintă valorile medii pe perioada T a tensiunii la borne a curentului rotoric, cuplului electromagnetic și respectiv a cuplului rezistent total. Media pe o perioadă a tensiunii electromotoare este nulă,

$$\frac{1}{T} \int_0^T L_{AA} \frac{di_A}{dt} dt = \frac{L_{AA}}{T} \left[\int_0^{t_a} di_a + \int_{t_a}^T di_A \right] = 0 \quad (5)$$

deoarece în regim permanent în intervalul t_a curentul crește exact cu cât va scădea în intervalul t_p , valoarea curentului la sfârșitul intervalului t_a fiind valoare inițială pentru intervalul t_p și invers. Dar,

$$U_A = \frac{1}{T} \int_0^T u_A dt = \frac{1}{T} \left[\int_0^{t_a} u_A dt + \int_{t_a}^T u_A dt \right] = \frac{t_a}{T} U_0 \quad (6)$$

Notând raportul $\frac{t_a}{T} = \alpha$ și denumind acest coeficient subunitar *durata relativă a pulsului* ($\alpha = 0-1$), rezultă

$$U_A = \alpha U_0 = R_A I_A + k_E \Phi_E \Omega \quad (7)$$

Conform acestei ultime relații, variind durata relativă a pulsului de tensiune se variază viteza unghiulară Ω la flux de excitație constantă.

$$\Omega = \frac{\alpha U_0 - R_A I_A}{k_E \Phi_E} = \frac{\alpha U_0}{k_E \Phi_E} - \frac{R_A}{k_E^2 \Phi_E^2} M \quad (8)$$

Se observă că la unul și același cuplu M , rezultă viteze unghiulare diferite în funcție de Ω . Când $\alpha = 1$, adică durata activă t_a devine egală cu perioada T a impulsurilor, atunci se obține regimul cunoscut de tensiune U_A perfect constantă, caracteristica mecanică fiind cea naturală, dacă în circuitul rotoric nu intervin rezistențe suplimentare.

2. Convertizorul static de curent continuu (chopperul)

Utilizând elemente electronice de putere, tiristoare (la puteri mai reduse se pot utiliza și tranzistoare), se înlocuiește întrerupătorul a rezultând schema din figura 3. Acest contactor este de fapt un convertizor de curent continuu, el realizând transformare energiei electrice de curent continuu tot în energie de curent continuu, schimbând valoarea tensiunii medii de la valoarea U_0 a sursei la valoarea $U_A = \alpha U_0$.

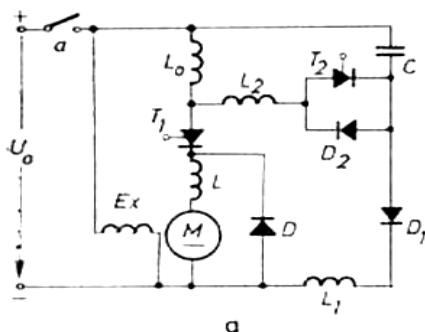


Fig. 3 Convertizor static de c.c. (chopper)

Reglarea puterii sarcinii poate fi realizată din comanda variatorului care va lucra în regim de comutație. Posibilitatea de comandă propusă o constituie variația duratei de conectare T_c , menținând perioada de comandă T constantă, reglare care se numește *modulație pe lățime* (PWM-Pulse Width Modulation)

3. Comanda motoarelor de curent continuu prin lățimea impulsurilor (PWM)

Una dintre cele mai moderne metode de reglare a vitezei motoarelor de curent continuu este comanda prin impulsuri tip

„Chopper”. Comanda PWM a motorului de curent continuu se realizează în circuit deschis sau în circuit închis.

- La comanda în circuit deschis, lățimea impulsurilor de ieșire din amplificator nu depinde de curentul de sarcină (curentul prin indus) și numai de semnalul de tensiune de intrare u_i .

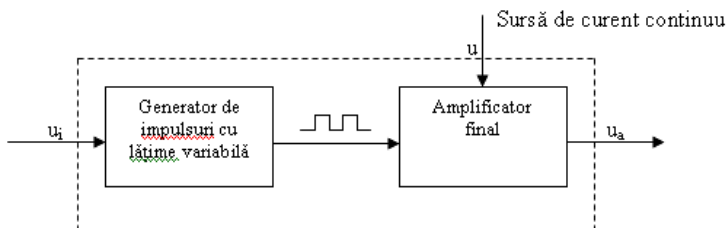


Fig. 4 Comanda PWM a motorului în circuit deschis

Lățimea impulsului din generator este proporțională cu tensiunea de intrare u_i , iar tensiunea medie de ieșire u_a este proporțională cu durata impulsului. Rezultă că se obține un amplificator cu dependență liniară între u_a și u_i .

- Comanda în circuit închis se bazează pe reacția negativă de curent.

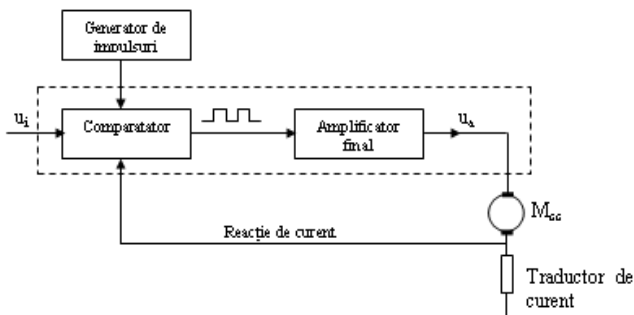


Fig. 5 Comanda PWM a motorului în circuit închis

Lățimea impulsului din comparator depinde nu numai de u_i ci și de valoarea curentului în sarcină. Comparatorul este un element neliniar, având o caracteristică tip histerezis.

Amplificatorul final reprezintă un etaj cu tranzistoare în regim de comutație.

4. Sistem automat de reglare a vitezei cu convertizor static de curent continuu

Pentru reglarea turației motorului de curent continuu se utilizează comanda prin impulsuri (tip "Chopper") care se realizează cu un amplificator de putere care cuprinde o parte de comandă (modulator în lățime PWM) și o parte de forță (amplificator final cu tranzistoare ce funcționează în comutație).

Schema modulatorului în lățime PWM este prezentată în figura 6 și cuprinde:

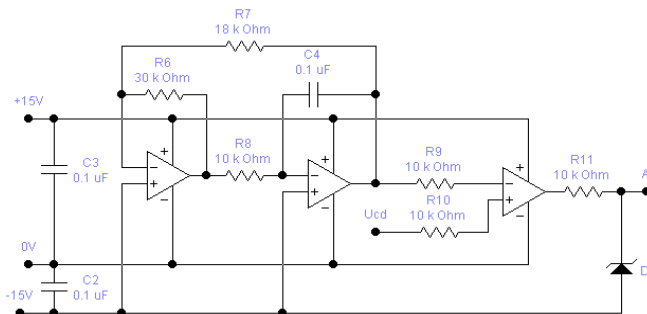


Fig. 6 Schema modulatorului PWM

- un generator de undă triunghiulară/ dreptunghiulară

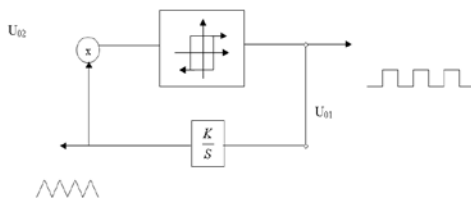


Fig. 7 Schema unui generator de undă triunghiulară/dreptunghiulară

Acesta este un sistem neliniar cu ciclu limită stabil (oscilația este întreținută).

Caracteristica neliniară cu histerezis se obține prin reacția pozitivă $R_6 = 30 \text{ k}\Omega$ atașată unui amplificator operațional.

Elementul integrator are $R_8 = 1 \text{ k}\Omega$ pe intrarea inversoare, iar condensatorul $C_4 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$ pe reacția negativă.

Calculul elementelor de histerezis:

$$u_H \cong \frac{R_7}{R_6} \cdot u_{\text{alim}} = \frac{18\text{k}\Omega}{30\text{k}\Omega} \cdot 15\text{V} = 9\text{V}$$

Constanta de integrare a integratorului: $T_i = R_8 \cdot C_4 = 1\text{k}\Omega \cdot 0,1 \text{ }\mu\text{F} = 0,1 \text{ ms}$.

Perioada de oscilație: $T_{\text{osc}} = 2 \cdot 2U_M \cdot T_i = 4 \cdot U_M \cdot T_i = 4 \cdot 9 \cdot 0,1 = 3,6 \text{ ms}$

Frecvența de oscilație:

$$f_{\text{osc}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{3,6\text{ms}} = 0,27\text{KHz} = 270\text{Hz}$$

Frecvența măsurată: $f = 300 \text{ Hz}$.

- Un comparator, cu o caracteristică neliniară de releu ideal simetric realizat cu AO în circuit deschis.

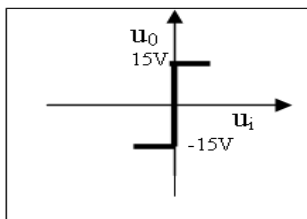


Fig. 8 Caracteristica neliniară a unui releu ideal simetric realizat cu AO în circuit deschis

La ieșirea din comparator $R_{11} = 10 \text{ k}\Omega$, iar dioda Zener $DZ5V1 = D_6$ astfel încât se obține o tensiune de 0 V sau 5 V .

Pe intrările comparatorului rezistențele $R_9 = R_{10} = 10 \text{ k}\Omega$.

La realizarea părții de comandă se utilizează un circuit integrat $\beta\text{M} 324$.

5. Concluzii

■ Această schemă prezintă de la bun început avantajul că, spre deosebire de un contactor obișnuit, nu are piese în mișcare și nici nu uzează "contactele", gradul de fiabilitate al schemei fiind foarte ridicat, cu toată frecvența relativ ridicată a pulsurilor de tensiune pe care le realizează (50-2000 Hz).

■ În cazul mașinilor de curent continuu condiția funcționării fără întreruperi de curent este satisfăcută prin micșorarea perioadei impulsurilor sub valoarea constantei de timp electrice a motorului. La motoarele de curent continuu de putere convenționale, constanta de timp electrică fiind de ordinul a 0,01-0,1 s, condiția de mai sus se poate realiza cu întrerupătoare statice cu tiristoare.

■ În cazul motoarelor de curent continuu care au constante de timp electrice mult mai mici 10^{-6} - 10^{-3} s, condiția se poate realiza numai cu tranzistoare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Boțan, N.V., *Comanda sistemelor de acționare electrică*, Editura tehnică, București, 1977.
- [2] Hiloși, S., Ghinea, D., Năstase, B., *Elemente de comandă și control pentru acționări și sisteme de reglare automată*, Editura didactică și pedagogică, București, 2002.
- [3] Kelemen, A., *Mutatoare*, Editura didactică și pedagogică, București, 1998.
- [4] Seracin, E., Popovici, D., *Tehnica acționărilor electrice*, Editura tehnică, București, 1985.
- [5] Stan, A., Cănescu, T., Simulescu, D., *Aparate, echipamente și instalații de electronică industrială*, Editura didactică și pedagogică, București, 1993.
- [6] * * * *Catalogul Festo 2000 - Electromecanică aplicată*, București, 2000.

Drd.Ing. Liliana DACHE,
profesor, Colegiul Tehnic "Ion D. Lăzărescu" Cugir, membru AGIR
e-mail: lilidache02@yahoo.com