

CAPITOLUL 6

TRADUCTOARE DE VITEZĂ

Viteza este o mărime vectorială. Deoarece direcția de deplasare a corpului în mișcare este în majoritatea cazurilor fixată, traductoarele de viteză dau un semnal care reprezintă modulul vitezei și eventual, sensul.

Există traductoare care măsoară fie viteza unghiulară, fie viteza liniară, în funcție de cerințele aplicației.

6.1 Traductoare de viteză unghiulară (turație)

Tahogeneratoare de curent continuu

Sunt dispozitive electrice construite pe principiul generatoarelor de curent continuu, care dau la ieșire o tensiune continuă proporțională cu turația, cu nivele și puteri ce permit și folosirea directă în instalațiile de automatizare.

După modul de excitație, tahogeneratoarele de curent continuu sunt:

- cu excitație separată;
- cu magneți permanenți (mai folosite).

Rotorul poate fi de tip cilindric, disc sau pahar. Constantele de timp ale tahogeneratoarelor de curent continuu cu rotor cilindric sunt mai mici de 10 ms iar ale celor cu rotoare tip disc sau pahar mai mici de 1 ms.

Ansamblul colector-perii fiind un redresor mecanic, tensiunea la ieșire nu este strict continuă, având ondulații datorită comutațiilor periilor pe colector. Aceste ondulași devin cu atât mai mici cu cât crește numărul de lamele, însă crește gabaritul. Se pot folosi și filtre trece jos la ieșire, dar crește timpul de răspuns. Gama de turații este de 50... 5000 rot/min, iar sensibilitatea 1...10 mV/rot/min.

Tahogeneratoare de curent alternativ

Pot fi de două tipuri: sincrone sau asincrone. Cele sincrone sunt cele mai simple; ele generează tensiune alternativă sinusoidală monofazată, cu valoarea efectivă și frecvența dependente de turație. Sunt formate dintr-un stator bobinat pe miez din tole de oțel electrotehnic și rotor din magneți permanenți, cu mai multe perechi de poli.

Domeniul turațiilor de lucru este 100...5000 rpm, la turații mici crescând erorile. Caracteristicile tehnice, folosite și la tahogeneratoarele de curent continuu,

sunt: valoarea efectivă a tensiunii electromotoare la 1000 rpm, turația maximă, frecvența tensiunii electromotoare la 1000 rpm, curentul nominal, rezistența înfășurării statorice. Dacă informația este dată de tensiunea de ieșire, adaptorul conține un redresor și filtru de mediere.

Stroboscopul (strobotahometrul)

Se bazează pe efectul stroboscopic. Obiectul de măsurat în rotație este iluminat periodic cu impulsuri de mare intensitate și de scurtă durată. Dacă între frecvența impulsurilor luminoase și frecvența de rotație a obiectului există egalitate sau raport de numere întregi, obiectul va fi iluminat mereu în aceeași poziție și, datorită inerției ochiului, se va obține o imagine stabilă.

Turația se determină numeric, înmulțind frecvența impulsurilor cu raportul între numărul marcajelor stabile (care apar datorită iluminării) și numărul marcajelor reale.

Adaptoare numerice pentru senzori de turație în impulsuri

După modul în care se determină turația din trenurile de impulsuri obținute la ieșirea senzorului, adaptoarele sunt de două feluri:

- cu numărarea impulsurilor, care fac o mediere a răspunsului și au timp de răspuns mare la turații joase;
- cu inversarea perioadei, care nu fac o mediere a răspunsului, dar au timp de răspuns foarte mic, maxim două perioade de rotație, fiind folosite la turații joase și foarte joase, inclusiv în aplicații de timp real.

Traductor de turație cu senzor cu efect Hall

Acest traductor monitorizează viteze de rotație între 0,01 rpm și 10000 rpm, aproape în orice mediu.

Sunt sisteme complexe, cu disc în impulsuri sau carcasă în impulsuri. Discul în impulsuri, de diverse dimensiuni și materiale în funcție de aplicație, se montează pe capătul arborelui în rotație. Carcasa în impulsuri constă într-o brățară din două piese asamblate și este recomandată în situațiile când capătul arborelui nu este disponibil.

Discul și carcasa conțin 16 magneți permanenți de polaritate alternantă, al căror câmp magnetic este monitorizat de un senzor intern cu efect Hall. Când discul sau carcasa se rotește, alternanța polilor magnetici prin dreptul senzorului Hall creează o tensiune dreptunghiulară la ieșire, cu 8 impulsuri/rotație. Se măsoară frecvența acestor impulsuri de ieșire și se compară cu valoarea fixată pentru semnalizare. Valoarea de semnalizare este fixată cu un comutator de game cu două poziții și două comutatoare rotative cu zece poziții fiecare, pentru zeci și unități.

Distanța radială între senzor și magneți poate fi până la 12 mm, astfel încât aceste traductoare se pot folosi și pentru arbori cu vibrații mari.

Traductor de turație cu senzor capacitiv de poziție

Adaptorul electronic pentru acest traductor conține un convertor sarcină - tensiune, un convertor analog - numeric și microcontroler.

Senzorul are un rotor plasat între două plăci stator coaxiale, fig. 6.1.

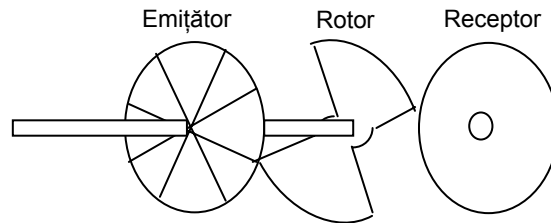


Fig. 6.1

O placă stator conține electrozii receptori pentru sarcina indusă de la sectoarele emițătoare plasate pe cealaltă placă stator. Suprafața totală a emițătorului este împărțită în $4N$ sectoare circulare, conductoare, identice, unde N este numărul de poli, întreg, pozitiv și diferit de zero. Numerotând periodic toate sectoarele de la 1 la 4, se obțin exact N seturi de segmente numerotate S_1, S_2, S_3 și S_4 . Toate segmentele cu același număr sunt legate electric între ele.

Rotorul este realizat din N sectoare circulare simetrice, cu unghiul la centru al fiecărui sector egal cu π/N . Unghiul de rotație φ_r influențează capacitățile de cuplaj între cele patru sectoare emițătoare și electrodul receptor.

Cele patru capacități formate de electrozii emițători și electrodul receptor, notate C_{s1}, \dots, C_{s4} se măsoară aplicând o tensiune constantă U_0 segmentului C_{s_i} și tensiune zero tuturor celorlalte sectoare. Aceasta induce sarcina Q în electrodul receptor, care este cuplat capacitiv la convertorul sarcină-tensiune (amplificatorul de sarcină). Rotorul este legat la masă și este folosit ca ecran.

Viteza de rotație se evaluează măsurând variația unghiului $d\varphi$ într-un timp dt și calculând raportul: $\omega = d\varphi / dt$. Algoritmul de calcul al unghiului φ dă poziția unghiulară absolută, într-o gamă de măsurare de $2\pi/N$ radiani, unde $2\pi/N$ este unghiul la centru al celor patru sectoare emițătoare. Informația unghiulară este eșantionată cu viteza $1/T$.

Viteza unghiulară se calculează ca diferența a două măsurători consecutive de unghi multiplicată cu viteza de eșantionare:

$$\omega(nT) = [\Phi(nT) - \Phi((n-1)T)] / T, \text{ unde } n \text{ este un număr întreg arbitrar.}$$

Această ecuație este valabilă dacă nu există salt de unghi în semnalul de ieșire, între $\varphi(nT)$ și $\varphi((n-1)T)$.

Când se detectează un salt între două măsurători, formula de calcul a vitezei unghiulare se schimbă în:

$$\omega(nT) = \left[\Phi(nT) - \Phi((n-1)T) \pm \frac{2\pi}{N} \right] / T$$

unde semnul \pm este dictat de semnul saltului unghiular.

6.2 Traductoare de viteză liniară

6.2.1 Determinarea vitezei liniare din turație

Determinarea vitezei liniare când se cunoaște turația se face asociind viteza liniară cu o mișcare de rotație (ca în cazul motoarelor electrice rotative care antrenează o cremalieră sau a unei role care calcă pe materialul ce se deplasează liniar). Principiul este următorul: se măsoară turația cu un traductor de turație și, alegând convenabil constanta traductorului, acesta poate indica direct valoarea vitezei. Metoda este aplicabilă doar în cazurile când nu există alunecare.

6.2.2 Determinarea vitezei prin cronometrarea timpului de parcurgere a unei distanțe cunoscute

Paralel cu traiectoria mobilului a cărui viteză se măsoară, în două puncte fixe se află două ansambluri optoelectronice formate din sursă optică și fotodetector, ce lucrează prin reflexie. Distanța între ansambluri este cunoscută și se alege astfel încât să rezulte calcule cât mai simple.

Impulsul cu durată invers proporțională cu viteza mobilului (reflectorizant) se obține folosind un circuit bistabil care este setat de impulsul dat de primul ansamblu fotoelectric și resetat de impulsul dat de al doilea fotodetector.

Viteza mobilului se calculează împărțind distanța cunoscută dintre cele două sonde fotoelectrice la durata impulsului obținut la ieșirea bistabilului.

6.2.3 Determinarea vitezei prin măsurarea distanței parcurse într-un interval de timp cunoscut

Metoda folosește un senzor optoelectronic incremental de deplasare. Impulsurile primite de la un fotodetector sunt numărate într-un timp fix T . O riglă

gradată cu repere distanțate uniform cu Δx , se mișcă solidar cu mobilul și se găsește între o sursă de radiații optice și un fotodetector. Impulsul de durată T este obținut de la un generator monoimpuls. Impulsurile date de fotodetector și formate cu formatorul de impulsuri sunt numărate de numărător pe durata T , atât timp cât o poartă logică ȘI este deschisă de impulsul de la generatorul monoimpuls.

Numărul înscris în numărător este $N = f \cdot T$, unde f este frecvența impulsurilor date de fotodetector.

Dacă în timpul T mobilul parcurge distanța x , atunci:

$$f = x / (\Delta x \cdot T) \text{ și } N = x \cdot T / (T \cdot \Delta x).$$

Deoarece $T / \Delta x = k = \text{const.}$, rezultă: $N = kx / T = k \cdot v$

6.2.4 Vitezometru cu efect Doppler cu laser multilinie

În varianta de bază a unui vitezometru cu laser cu efect Doppler se măsoară deplasarea de frecvență Doppler a radiației laser reflectate înapoi de suprafața în mișcare. Sistemele convenționale permit măsurarea vitezelor în gama km/s într-o perioadă de aproximativ $20 \mu\text{s}$, cu o rezoluție temporală sub 50 ns.

Deplasarea de frecvență Doppler Δf este proporțională cu viteza v a punctului de împrăștiere a suprafeței solide: $\Delta f \sim f \cdot v / c$, unde f este frecvența laserului și c viteza luminii. Informația este obținută cu analizoare ca interferometrele Michelson sau Fabry-Perot, ce au însă contrast al franjelor și gama scăzute. Pentru a mări contrastul trebuie mărită intensitatea radiației laser.

Analiza deplasării de frecvență Doppler necesită folosirea radiației optice monocromatice cu lățimea spectrală sub gama spectrală liberă a interferometrului, uzual laser cu o frecvență.

Rezultate mai bune se obțin dacă se folosește radiație optică multilinie: dacă mai multe radiații monocromatice iluminează simultan un interferometru Fabry-Perot, fiecare radiație produce un sistem de franje de interferență. Când distanța dintre liniile radiației optice este egală cu gama spectrală liberă a interferometrului, franjele de interferență se suprapun.

Cele mai bune rezultate s-au obținut cu un spectru de canale dat de un interferometru Fabry-Perot, care filtrează un fascicol colimat de la un laser de bandă largă. Interferometrul Fabry-Perot este transparent doar pentru frecvențele optice în rezonanță cu frecvența fundamentală a cavității, distanța dintre frecvențe fiind egală cu gama spectrală a interferometrului.

Viteza se calculează cu formula:

$$v = v_a \left(\frac{D^2 - D_0^2}{D_1^2 - D_0^2} - q \right)$$

unde D este diametrul inelului dinamic, D_0 și D_1 sunt diametrele a două inele statice vecine, q numărul inelului dinamic iar v_a este viteza care induce o deplasare Doppler, astfel încât inelul dinamic se suprapune cu următorul inel static:

$$v_a = \frac{\lambda \cdot c}{4e}, \quad e = \text{distanța între oglinzile interferometrului.}$$

6.2.5 Traductor de viteză cu senzor potențiomtric

Pentru măsurarea vitezelor scăzute, sub 1 rot/min, metodele numerice uzuale necesită timp de măsurare mare, deoarece trebuie detectat cel puțin un front crescător al semnalului de la senzorul de viteză, în timpul de măsurare. Senzorul de viteză cu potențiomtru rezistiv fără contact poate avea o acuratețe de 0,8 % pentru viteza de 1 rot/min, într-un timp de măsurare de 0,2 s.

Schema de principiu a traductorului cu senzor de viteză potențiomtric fără contact este dată în fig. 6.2.

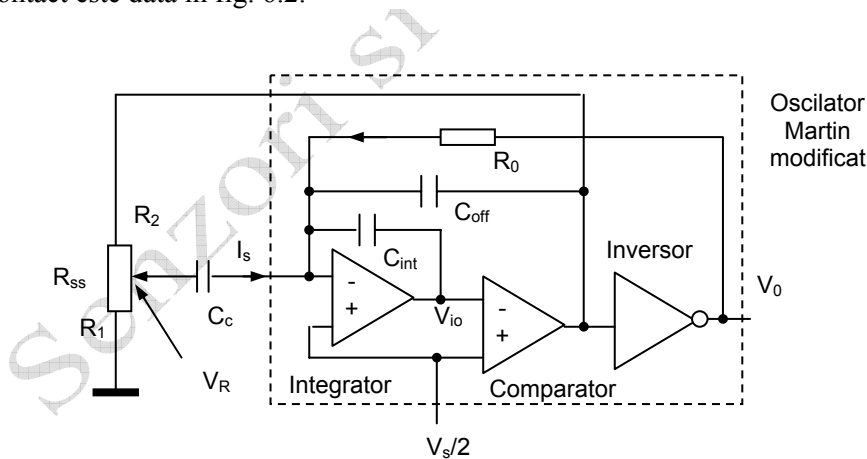


Fig. 6.2

Schema conține un potențiomtru fără contact și un oscilator. Senzorul de viteză scăzută este un potențiomtru rezistiv modificat, cu contactul alunecător fără contact cu stratul rezistiv. Senzorul are două părți, electrodul mobil și stratul rezistiv, între care se formează capacitatea de cuplaj C_c . Rezistența stratului rezistiv este $R_{ss} = R_1 + R_2$.

Mișcarea electrodului mobil are ca efect modificarea curentului I_s prin capacitatea C_c . Curentul I_s dă informația despre viteza de măsurat și poate fi convertit în semnale cu perioada modulată folosind un oscilator cu relaxare. Semnalele modulate în durată sunt decodate cu un microcontroler.

Formele de undă ale tensiunii V_{i0} de la ieșirea integratorului, pentru cazul când se mișcă electrodul mobil al senzorului, sunt reprezentate în fig. 6.3.

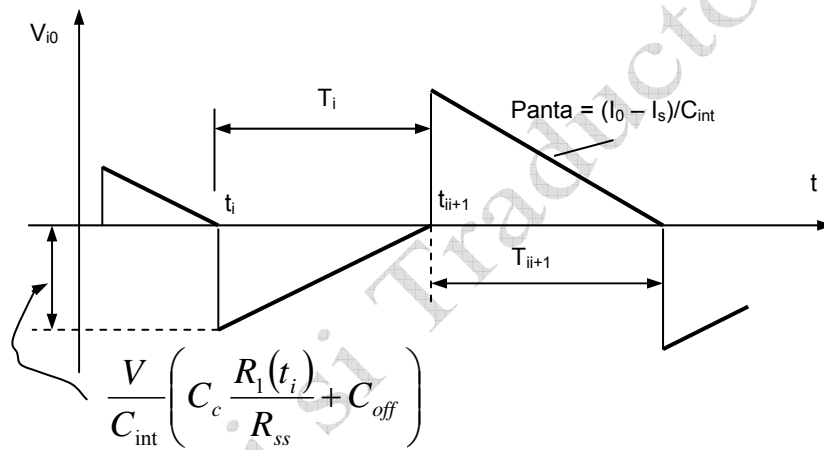


Fig. 6.3

Există două intervale de timp: timpul de încărcare T_i și timpul de descărcare T_{i+1} , egale cu:

$$T_i = \frac{V \left(C_c \frac{R_1(t_i)}{R_{ss}} + C_{off} \right)}{I_0 - I_s}; \quad T_{i+1} = \frac{V \left(C_c \frac{R_1(t_{i+1})}{R_{ss}} + C_{off} \right)}{I_0 - I_s}$$

unde V este tensiunea de alimentare și I_s este un curent determinat de variația rezistenței în timp:

$$I_s = C_c \frac{dV_R}{dt} = \frac{V \cdot C_c}{R_{ss}} \cdot \frac{dR_1(t)}{dt}$$

Pentru potențiometrul liniar, viteza instantanee rezultă:

$$v = \frac{L_e}{R_{ss}} \cdot \frac{dR_1(t)}{dt}, \text{ unde } L_e \text{ este lungimea efectivă a stratului rezistiv liniar.}$$

$$\text{Rezultă: } I_s = \frac{V \cdot C_c}{L_e} \cdot v$$

$$\text{Pentru viteză constantă: } R_1(t_{i+1}) = R_1(t_i) + \frac{dR_1}{dt} T_i$$

Viteza v măsurată în timpul $T_i + T_{i+1}$ este:

$$v = \frac{I_0 \cdot L_e}{V \cdot C_c} \cdot \frac{T_{i+1} - T_i}{T_{i+1}} = \frac{L_e}{2R_0 C_c} \cdot \frac{T_{i+1} - T_i}{T_{i+1}}$$

Metoda de măsurare are câteva dezavantaje, determinate de:

- eroarea dată de timpul de întârziere t_d al circuitului de procesare;
- influența tensiunilor de decalaj și a curenților de polarizare ai integratorului și comparatorului;
- zgomotul mare de eșantionare, în special pentru timp scurt de măsurare.

Aceste dezavantaje pot fi eliminate dacă se măsoară mai multe perioade ale semnalului de ieșire din oscilator. În aceste condiții rezultă o viteză medie:

$$v_m = \frac{I_0 \cdot L_e}{V \cdot C_c} \left(1 - \sqrt[2N]{\frac{T_{11}}{T_{22}}} \right) = \frac{L_e}{2R_0 C_c} \left(1 - \sqrt[2N]{\frac{T_{11}}{T_{22}}} \right)$$

unde: $T_{11} = \sum_{i=1}^{2N} T_i$, $T_{22} = \sum_{i=2N+1}^{4N} T_i$ iar semnul rezultatului indică sensul vitezei.